www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

10e JAARGANG No. 10, blz. 289-324 OCTOBER 1948

Philips Technisch Tijdschrift

BEHANDELENDE TECHNISCHE VRAAGSTUKKEN
SAMENHANGENDE MET DE PRODUCTEN, WERKWIJZEN EN ONDERZOEKINGEN
VAN DE N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

REDACTIE: HET NATUURKUNDIG LABORATORIUM DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN, EINDHOVEN

EEN EXPERIMENTELE ZEND- EN ONTVANGINSTALLATIE VOOR SNELLE FACSIMILE-OVERDRACHT

IV. TRANSMISSIE DER SIGNALEN

door D. KLEIS en M. van TOL.

621.397.242

Het zendapparaat van een facsimile-installatie levert een spanning die met de zwartheid der opeenvolgende afgetaste beeldpunten wisselt. Dit „facsimile-signaal" heeft een Fourier-spectrum dat begint bij de frequentie nul en dat zich, in het geval van het Philips-systeem voor snelle facsimile-overdracht, uitstrekt tot 100 kper/sec. Bij de transmissie van het signaal naar het ontvangapparaat, waar het een gasontladingslamp moet besturen die het beeld op een filmband schrijft, zijn vooral vier bewerkingen van belang: versterken, moduleren, omkeren en begrenzen. Moduleren op een draaggolf is nodig, daar de voor de transmissie in aanmerking komende draaggolftelefoniekabels de laagste frequenties van het signaal niet doorlaten. Er wordt een draaggolf van 100 kper/sec gebruikt, dus gelijk aan de hoogste signaalfrequentie; de onderste zijband wordt overgebracht. Aan de ontvangzijde is geen eigenlijke demodulatie vereist doch slechts een dubbelfasige gelijkrichting. Het signaal moet reeds vóór het moduleren worden versterkt, en in de ontvanger heeft opnieuw versterking plaats om een eindbuis uit te sturen die de schrijflamp voedt. Voor de versterking dienen wisselspanningsversterkers. Deze laten weliswaar de gelijkspanningscomponent van het signaal (gemiddelde zwartheid van het beeld, frequentie „nul") niet door; de juiste ligging van alle signaalniveaus kan echter worden gereconstrueerd door het periodiek meezenden van impulsen met een gegeven niveau en door het gebruik van *C-R* koppelleden met een hulpdiode. Voor dit principe, dat uit de televisie bekend is, werd in onze installatie een verbeterde schakeling uitgewerkt. Door de bewerking van het omkeren kan een positieve dan wel een negatieve registratie op de film worden verkregen. De niveaus waarop het begrenzen plaats heeft, kunnen voor zwart-witte documenten met voordeel zo gekozen worden dat bijv. 60% en meer reflectievermogen als wit en 40% en minder als zwart wordt weergegeven.

De grondslagen van het telegrafisch overbrengen van beelden (facsimile-telegrafie) kan men als volgt samenvatten. Men laat een lichtvlekje smalle, aan elkaar sluitende lijnen op het beeld doorlopen. Met behulp van een fotocel zet men de intensiteitsvariaties van het gereflecteerde (of doorgelaten) licht, dat een maat is voor de plaatselijke zwartheid van het beeld, in electrische spanningswisselingen om: het facsimile-signaal. Dit signaal wordt via een kabel of radioverbinding naar het ontvangstation gezonden. Hier worden de spanningswisselingen gebruikt om een wisselende zwarting teweeg te brengen op een gevoelig materiaal, dat op overeenkomstige wijze als het origineel in de zender volgens aaneensluitende lijnen wordt doorlopen.

Bij het Philips-systeem voor snelle facsimile-overdracht [1]) is het aftastvlekje 0,2 mm breed en doorloopt het per seconde 180 lijnen van 22 cm lengte. Het tempo van aftasten komt derhalve overeen met het per seconde overseinen van de zwartheid van 200 000 „beeldpunten". In het ontvangstation wordt de zwartheid geregistreerd op een lichtgevoelig materiaal (positief-film) met behulp van een gasontladingslamp, waarvan de stroomsterkte overeenkomstig het ontvangen signaal wordt gevarieerd.

De mechanische en optische apparatuur waarmee in de zender en ontvanger het aftasten resp. het neerschrijven van het beeld wordt bewerkstelligd, is in de aangehaalde artikelen II en III beschreven. In dit artikel zullen enige bijzonderheden van de electrische schakelingen voor de overdracht der signalen worden beschouwd.

[1]) „Een experimentele zend- en ontvanginstallatie voor snelle facsimile-overdracht". I. Algemene gegevens, door H. Rinia, D. Kleis en M. van Tol, Philips techn. T. **10**, 225-231, 1948 (No. 8). II. De bouw van het zendapparaat, door D. Kleis, F. C. W. Slooff en J. M. Unk, Philips techn. T. **10**, 257-264, 1948 (No. 9). III. De bouw van het ontvangapparaat, door F. C. W. Slooff, M. van Tol en J. M. Unk, Philips techn. T. **10**, 265-272, 1948 (No. 9). Deze artikelen zijn in het vervolg aangehaald als I, II en III.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Schakels van de transmissie

In *fig. 1* geven wij een overzicht van de belangrijkste transmissie-elementen welke het signaal doorloopt op zijn weg van de fotocel in de zender tot de schrijflamp in de ontvanger. Daarbij is

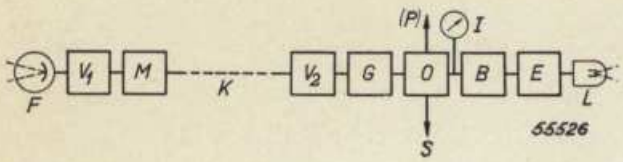


Fig. 1. Schematische voorstelling van de weg van het facsimile-signaal, van de fotocel F in de zender tot de schrijflamp L in de ontvanger. V_1, V_2 versterkers; M modulator; K kabel; G gelijkrichter; O omkeertrap, waar tevens delen van het signaal worden afgesplitst voor de synchronisatie (S) en eventueel voor het bekrachtigen der ponsinrichting (P), die in artikel III werd vermeld; I amplitude-meter; B begrenzer; E eindtrap.

gedacht aan uitzending over een draaggolftelefoniekabel. De transmissie-elementen hebben in hoofdzaak de volgende taken:

1) het versterken van het signaal (versterker V_1 in de zender, V_2 in de ontvanger);
2) het moduleren van het signaal op een draaggolf voor uitzending over de kabel (modulator M), en het „demoduleren" in de ontvanger (gelijkrichter G);
3) het desgewenst omkeren van de „polariteit" van het signaal, om positieve dan wel negatieve reproducties van het origineel te kunnen leveren (trap O in de ontvanger);
4) het begrenzen van het signaal, indien geen tussentinten doch alleen „zwart" en „wit" moeten worden weergegeven (trap B en eindtrap E van de ontvanger.)

In de eindtrap E wordt het signaal op het vereiste niveau gebracht om het schrijflampje te kunnen voeden.

Wij willen hier geen systematische beschrijving van alle delen van het blokschema in fig. 1 geven, doch zullen ons beperken tot een min of meer principiële beschouwing van de wijze waarop de vier genoemde functies worden gerealiseerd. Wij beginnen hiertoe met een nadere bespreking van het over te brengen signaal.

Het facsimile-signaal

Op de weerstand waardoor de stroom van de fotocel in de zender wordt gestuurd, verkrijgt men bij aftasten van één regel van een normale brief een spanning waarvan het verloop schematisch is voorgesteld in *fig. 2a* (vgl. ook het oscillogram fig. 5 in artikel II). Het niveau C van deze signaalspanning treedt op bij aftasten van het witte papier, dat een reflectievermogen heeft van bijv. 85%. De spanning daalt telkens tot niveau B als de aftastvlek een zwarte lijn, bijv. van een geschreven of getypte letter, passeert; het reflectievermogen van het „zwart" van zulk een lijn bedraagt meestal 20 tot 25%. Aan het begin van elke regel passeert de aftastvlek een aluminium plaatje, door welks spiegelende reflectie een impuls ontstaat ter hoogte van een niveau D, dat overeenkomt met 110% reflectievermogen (zie artikel II). Aan het einde van de regel passeert de vlek een opening, met reflectievermogen nul, zodat de spanning een ogenblik tot nul daalt (niveau A).

De signaalspanning voor zwart, niveau B, bedraagt ca 0,2 volt, die voor wit, niveau C, ca 0,7 volt (zie art. II). De „amplitude" van het signaal, d.i. de afstand tussen de niveaus A en D, is dus ca 0,9 V.

Tast men geen normale witte brief met zwarte letters af, doch een zwarte brief met witte letters

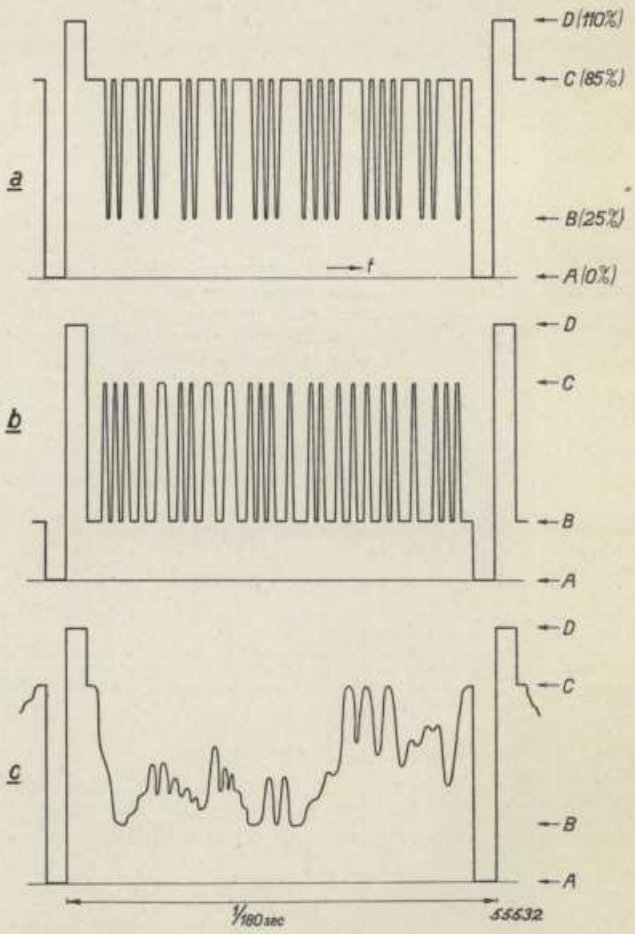


Fig. 2. Vorm van het facsimile-signaal, verkregen bij het aftasten van één lijn, *a*) van een witte brief met zwarte letters, *b*) van een zwarte brief met witte letters, *c*) van een foto (document met tussentinten). Op witte plekken van het papier kan het reflectievermogen bijv. 85% bedragen: niveau C; op de meest zwarte plekken ca 25%: niveau B. Impulsen met de vaste niveaus D en A, die corresponderen met 110% resp. 0% reflectievermogen, worden aan het begin en einde van elke lijn meegezonden.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

(bijv. een negatieve fotocopie), dan krijgt men een signaal volgens fig. 2*b*. De spanning ligt hier gedurende het grootste gedeelte van de tijd op niveau *B*, in plaats van op niveau *C*. Wordt niet een brief afgetast maar een foto, die tussentinten bevat, dan zal het signaal een vorm hebben als in fig. 2*c*. Alle niveaus tussen *B* en *C*, overeenkomend met diverse tinten grijs, kunnen nu optreden.

Indien we een Fourier-spectrum van het facsimile-signaal opmaken, constateren we dat frequenties van nul tot 100 000 per/sec zijn vertegenwoordigd. De hoogste frequentie treedt op als het document afwisselend witte en zwarte lijnen van 0,2 mm breedte bevat die loodrecht op de aftastlijnen staan. De 200 000 per seconde overgebrachte „beeldpunten" hebben dan afwisselend niveau *C* en *B*, hetgeen beantwoordt aan een (grond-)frequentie van 100 kper/sec. (In werkelijkheid bevat dan het signaal ook nog harmonischen van deze grondfrequentie, doch deze zijn voor het gescheiden weergeven van de lijnen niet essentieel nodig.) De laagste frequenties treden op als het document egaal grijze vlakken bevat die in een richting loodrecht op de aftastlijnen min of meer geleidelijk in zwartheid verlopen. Het grensgeval hiervan is de component met frequentie nul (gelijkspanningscomponent), die beantwoordt aan de gemiddelde helderheid van het over te seinen document.

Door het optreden van de lage frequenties, van nul af, verschillen deze signalen van de meeste andere signalen die in de telecommunicatie-techniek voorkomen.

Versterking van het facsimile-signaal

De versterkers in zender en ontvanger moeten alle frequenties die in het signaal optreden, even goed doorlaten. Dit is noodzakelijk omdat anders, ten gevolge van de vervorming der signalen, een willekeurige tint grijs in de over te brengen documenten niet steeds met dezelfde zwarting op de film zou worden geregistreerd.

Wat de hoge frequenties betreft, levert de genoemde eis geen principiële moeilijkheden op. Voor de zeer lage frequenties echter, en met name voor de component met frequentie nul, zijn enigszins ongewone maatregelen nodig. Immers, bij een normale wisselspanningsversterker worden, ten gevolge van de *C-R* koppeling tussen opeenvolgende trappen, de zeer lage frequenties sterk verzwakt, terwijl de gelijkspanningscomponent geheel verloren gaat. De verschillen in gemiddelde helderheid van opeenvolgende documenten en ook van gedeelten van één document zouden dan dus niet juist worden weergegeven.

Ter toelichting van de hiervoor toegepaste remedie — die met enige wijzigingen ontleend is aan de televisietechniek, waar hetzelfde probleem optreedt — gaan we na, wat er met de signalen voor diverse documenten gebeurt bij het passeren van een *C-R* koppellid.

Wij beschouwen de beide gevallen dat een witte brief met zwarte letters, dan wel een zwarte brief met witte letters wordt afgetast. Op de ingang *e-f* van het koppellid, dat in *fig. 3* getekend is, komt

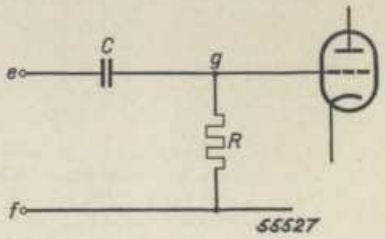


Fig. 3. *C-R* koppellid tussen twee trappen van een normale wisselspanningsversterker.

een signaal te staan volgens fig. 2*a* resp. fig. 2*b* (in beide gevallen vermeerderd met een constante spanning, afkomstig van de anodegelijkspanning van de voorgaande versterkertrap). De potentiaal van het rooster *g* zal eveneens wisselen volgens het verloop van fig. 2*a* resp. *b*. Aangezien echter een gelijkspanningscomponent tussen *e* en *f* geen gelijkstroom door de weerstand *R* teweeg brengen kan, zal de over een voldoend lange tijd gemiddelde potentiaal van *g* steeds gelijk zijn aan de potentiaal van *f*. Ten opzichte van dit gegeven nulniveau krijgen we dus een roosterpotentiaal die in geval van een witte brief met zwarte letters verloopt volgens *fig. 4a*, in geval van een zwarte brief met witte letters volgens fig. 4*b*. Is de in fig. 3 getekende versterkbuis de eindbuis van de ontvanger, dan is het duidelijk dat een willekeurig signaalniveau, bijv. niveau *C*, in de beide beschouwde gevallen geheel verschillende stromen door het schrijflampje teweeg brengt en dus met verschillende zwarting op de film wordt weergegeven.

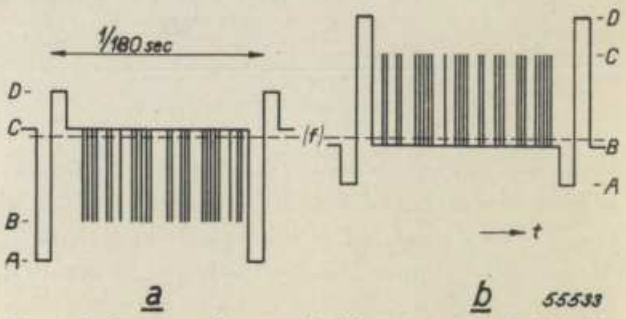


Fig. 4. Verloop van de potentiaal in punt *g* van fig. 3, indien op de ingang *e-f* een signaal volgens fig. 2*a* wordt gezet (*a*) dan wel een signaal volgens fig. 2*b* (*b*).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Indien in het zendapparaat een zwarte brief onmiddellijk op een witte volgt, zal de signaalspanning op het punt g verlopen volgens het linkergedeelte van *fig. 5*. De tijdconstante $R \cdot C$ van het koppellid bepaalt, hoe snel de gemiddelde potentiaal van g na de sprong weer de waarde in zeer korte tijd wordt de condensator C zover geladen dat het potentiaalverschil tussen g en f wordt opgeheven. Op deze manier krijgt dus het rooster van de eindbuis voor de signaaltoppen met niveau D, die corresponderen met het reflectievermogen 110%, steeds eenzelfde potentiaal, nl. vrij-

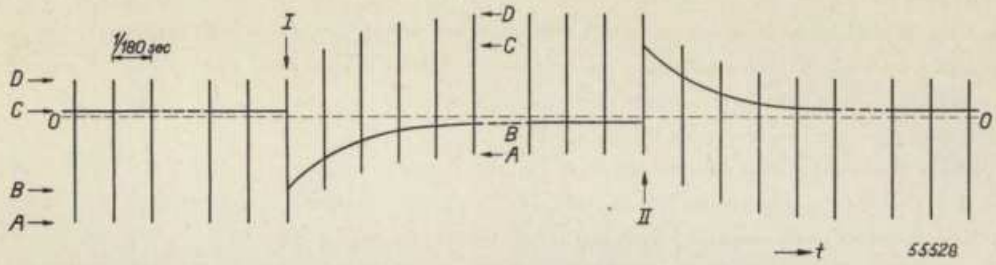


Fig. 5. Verloop van de potentiaal in punt g van fig. 3 bij het aftasten, eerst van een normale witte brief, dan (sprong I) van een zwarte brief, dan weer (sprong II) van een witte brief. Met de tijdseenheid correspondeert een veel kleinere lengte dan in fig. 4; alleen de impulsen tussen de opeenvolgende lijnen en het niveau van de achtergrond (eerst C, dan B, dan weer C) zijn aangegeven.

van de potentiaal van f bereikt. Het geschetste verloop van de potentiaal ziet men op de verkregen filmstrook als een geleidelijk witter worden van de zwarte brief.

De normale wisselspanningsversterker doet dus in ons geval de zaak mis lopen, omdat deze de weergave van elk signaalniveau laat afhangen van de gemiddelde zwartheid der voorafgaande afgetaste beeldlijnen. Deze manier om de zaak uit te drukken, is voor ons doel beter geschikt dan de meer gebruikelijke beschouwing van de doorgelaten frequenties, waarbij wij hierboven hebben aangeknoopt.

De door ons toegepaste remedie voor het genoemde euvel bestaat nu in het parallel schakelen van een diode aan de weerstand R van het

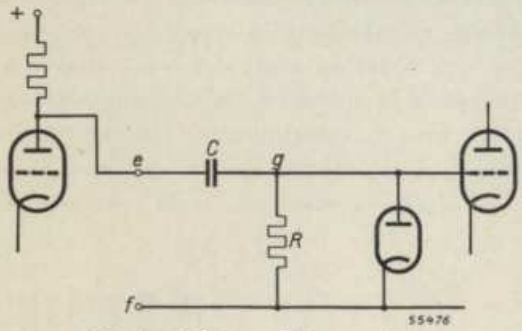


Fig. 6. C-R koppellid met diode.

koppellid van de laatste trap; zie *fig. 6*. Onverschillig of een signaal volgens fig. 2*a* dan wel fig. 2*b* tussen e en f staat, zal de potentiaal van g thans in de hoogste toppen van het signaal (niveau D) nagenoeg gelijk worden aan de vaste potentiaal van punt f. Immers, zodra g positief ten opzichte van f wordt, gaat er door de diode stroom vloeien, en wel die van de diode-kathode. Verder zorgen we er voor dat aan de ingang e-f de „amplitude" van het signaal, d.i. het verschil tussen de niveaus A en D, voor alle documenten eenzelfde, geschikt gekozen waarde heeft, onafhankelijk van eventuele geleidelijke wijzigingen in de aftastlamp, optiek of fotocel van de zender of in de versterkbuizen enz. Te dien einde is een speciale meetschakeling ontworpen, die rechtstreekse aflezing van het genoemde verschil op een meter veroorlooft (zie I in fig. 1; om later blijkende reden is de meetinrichting niet op de ingang van trap E doch vóór trap B aangesloten). Met de hand regelt men de versterking van het ontvangen signaal zodanig dat de meter de voorgeschreven amplitude aanwijst. In dat geval ligt dus ook niveau A, dat met het vaste reflectievermogen 0 % correspondeert, steeds op een bepaalde roosterpotentiaal van de eindbuis, en daarmee komen eveneens B (zwart), C (wit) en alle tussenniveaus op hun juiste hoogte terecht. Alle tinten grijs worden dus thans voor elk document met hun juiste zwarting geregistreerd.

Men ziet dat dit mogelijk is gemaakt door het periodiek meezenden van de vaste niveaus A en D, die als het ware een schaal voor het reflectievermogen leveren. Van belang is hierbij, dat de impulsen A en D langs optische weg, door reflectie aan „geijkte" oppervlakken, worden verkregen, en niet bijv. uit electrische schakelingen worden afgeleid. De schaal blijft daardoor juist, ook wanneer de helderheid van de lamp die de aftastvlek verlicht, iets gaat dalen, of als de verliezen in de aftastoptiek iets gaan toenemen (zie art. II).

De essentie van de beschreven methode is, dat men

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

in de laatste trap van de ontvanger, met behulp van de beide ijkniveaus A en D en de koppelingsmethode volgens fig. 6, de juiste onderlinge ligging der signaalniveaus voor alle documenten of delen van documenten reconstrueert. Voor de tussentrappen van de transmissie is het daarom in principe niet nodig de juiste ligging der signaalniveaus te handhaven. Toch hebben wij de beschreven koppeling ook in enige tussentrappen toegepast, ter wille van een economisch gebruik van de versterkbuizen. Bij een signaal volgens fig. 5 op het rooster van een buis is het verschil tussen de laagste en de hoogste voorkomende roosterpotentiaal gelijk aan het niveauverschil tussen A en D vermeerderd met het verschil tussen niveaus B en C (sprong van wit naar zwart). Brengt men daarentegen alle toppen van het signaal door middel van de koppeling met diode op een vaste potentiaalwaarde, dan varieert de roosterpotentiaal slechts tussen de niveaus A en D, d.i. een factor $1^1/_2$ minder. Hierdoor kan men het signaal gemakkelijker in het lineaire gedeelte der buiskarakteristieken onderbrengen en een grotere versterking bereiken.

Nadere beschouwing van het koppellid met diode

Gedurende het aftasten van elke lijn, tussen twee impulsen D, voert de diode geen stroom. In deze tijd lekt er een weinig van de negatieve lading op de condensator weg door de weerstand R. De potentiaal van g vertoont daardoor een geringe, op het signaal gesuperponeerde, vrijwel lineaire toeneming. Het ladingsverlies wordt echter telkens in de korte tijdsduur van de impuls D (5% van een lijnlengte) door de diode weer aangevuld. De potentiaalstijgingen tellen dus niet bij elkaar op, en het resultaat is slechts een vervorming der signalen van fig. 2*a*, *b* tot de gedaante van *fig. 7a, b*. De vervorming houdt men klein door de RC-tijd van de koppelketen groot te maken.

De beschreven vervorming vervult echter ook een nuttige rol. Stel dat op de ingang van het koppellid in fig. 6 een signaal komt dat reeds enige trappen wisselspanningsversterking (zonder diode in de koppelingen) doorlopen heeft en dat dit signaal een sprong vertoont zoals in het rechtergedeelte van fig. 5 (van zwart naar wit document). Na de sprong daalt de potentiaal met een aanvankelijke helling, die beantwoordt aan de resulterende tijdconstante $(RC)_t$ van de voorafgaande trappen. Door de dalende tendentie van de potentiaal treedt de diode na de eerste top in principe niet meer in werking, met het gevolg dat niveau D de vaste potentiaal, waarop wij het willen houden, loslaat (althans tijdelijk). De dalende tendentie nu wordt tegengewerkt door de hierboven beschreven lineaire potentiaalstijging, die gedurende elke lijn optreedt ten gevolge van de lekstroom. Zij kan hierdoor zelfs geheel worden gecompenseerd, zodat de diode toch in elke top geleidend kan worden en haar functie

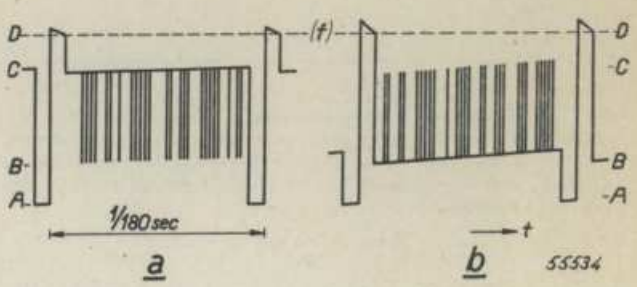


Fig. 7. Het pendant van fig. 4. De potentiaal in punt g van fig. 6 neemt voor de toppen (niveau D) van het signaal een vaste waarde aan, onverschillig of het signaal op *e-f* verloopt volgens fig. 2*a* (*a*) dan wel volgens fig. 2*b* (*b*). Op het potentiaalverloop gedurende elke lijn is een geringe stijging gesuperponeerd, die veroorzaakt wordt door de lekstroom door R. De stijging is hier duidelijkheidshalve sterk overdreven getekend.

kan waarnemen. Compensatie wordt verkregen indien de tijdconstante RC van het beschouwde koppellid met diode niet groter is [2]) dan een bepaalde fractie van $(RC)_t$. Aangezien we RC liefst groot willen maken (zie boven), en aangezien $(RC)_t$ kleiner wordt naarmate meer koppelleden zonder diode aanwezig zijn, die alle tot de potentiaaldaling bijdragen, is het ook om deze reden van belang het aantal versterkingstrappen zonder diode in de koppeling te beperken.

Een bezwaar van de eenvoudige schakeling volgens fig. 6 is, dat in de signaaltoppen, waarin de diode geleidend wordt, de anodeweerstand door de veel lagere weerstand van de diode wordt overbrugd. Van de top (D) van het signaal wordt daardoor een stuk afgesneden. Dit bezwaar is bijzonder actueel indien men een grote anodeweerstand wil gebruiken, ten einde grote signaalspanningen te verkrijgen bij betrekkelijk kleine anodestromen.

Voor dit geval hebben wij daarom een gewijzigde koppelschakeling toegepast, die in *fig. 8* is getekend. Het zou ons hier te ver voeren de werking van deze schakeling te analyseren; we volstaan met de opmerking dat hierbij het voornoemde effect in veel mindere mate optreedt, hetgeen men kan toeschrijven aan de lage inwendige weerstand die de voorgaande trap bij geleidende diode

[2]) Dit geldt voor het geval dat de weerstand R direct aan de kathode van de diode is verbonden. Het product RC kan belangrijk groter worden gemaakt, indien men in serie met R een positieve spanning aanbrengt. Op deze finesses kunnen we hier niet ingaan.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

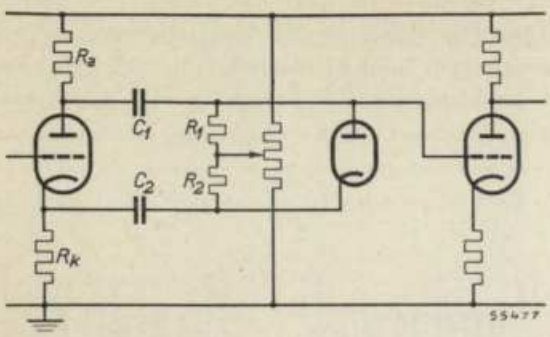


Fig. 8. Gewijzigde koppelschakeling met diode. Het belangrijkste voordeel hiervan is, dat het vloeien van stroom door de diode geen invloed meer heeft op de anodewisselspanning der voorafgaande versterkbuis. Er moet voldaan zijn aan de voorwaarden:

$$R_aC_1 = R_kC_2,$$
$$R_1C_1 = R_2C_2.$$

bezit [3]). Bovendien heeft de schakeling nog een ander voordeel dat hieronder ter sprake zal komen.

Moduleren en demoduleren

Het facsimile-signaal van onze apparatuur beslaat een frequentieband ter breedte van 100 kper/sec. Vele landen beschikken thans over kabelnetten voor draaggolftelefonie die een dergelijke brede frequentieband kunnen doorlaten en waarover dus ons facsimile-signaal kan worden uitgezonden. Het Nederlandse net bijv. is zelfs ingericht voor frequenties van 8 tot 208 kper/sec, dus een totale bandbreedte [4]) van 200 kper/sec.

De kabelnetten voor draaggolftelefonie laten — zoals men ook aan het zo juist genoemde voorbeeld ziet — de lage frequenties niet door. Gedachtig aan de hierboven gegeven uiteenzetting over de versterking van het facsimile-signaal, zou men wellicht menen, dat men deze kabeleigenschap eenvoudig kan laten compenseren door de werking van het diode-koppellid in de ontvanger, dat de juiste niveauverhouding bij langzame variatie van het gemiddelde niveau (componenten met zeer lage frequenties) reconstrueert. Deze reconstructie is echter gebaseerd op de impulsen D en A aan het begin en einde van elke lijn, en deze impulsen, waarvan de grondfrequentie 180 per/sec bedraagt, worden door de kabel al evenmin doorgelaten. Voor uitzending over de kabel moduleren we derhalve het signaal eerst op een draaggolf, waardoor de lage Fourier-componenten naar een geschikt frequentiegebied in de doorlaatband van de kabel worden verschoven.

Voor het moduleren passen wij de dubbele balansschakeling van ventielen toe, die in de draaggolftelefonie gebruikelijk is. De meest bekende uitvoeringsvorm hiervan is de ringmodulator [5]), zie *fig. 9*.

In de draaggolftelefonie voert men de, min of meer hoogfrequente, draaggolf toe aan de klemmen *5-6*, het over te brengen laagfrequente signaal (microfoonstromen, frequenties q) aan *1-2*. Aan de uitgang *3-4* verkrijgt men dan een met de draaggolffrequentie (p) wisselende spanning, waarvan de amplitude varieert volgens het verloop van de signaalspanning. Een Fourier-ontwikkeling leert, dat in deze uitgangsspanning aanwezig zijn de zijbandfrequenties $p+q$ en $p-q$, alsmede hogere modulatieproducten ($3p \pm q$, $p \pm 3q$, enz.); de draaggolffrequentie p zelf treedt niet op, hetgeen te danken is aan het balanceren van de schakeling ten opzichte van de klemmen *5-6*. Ook de frequenties q zijn aan de uitgang niet aanwezig [6]). Een der zijbanden, bijv. de onderste band, $p-q$, wordt voor de uitzending gebruikt, nadat alle andere modulatieproducten door filters zijn onderdrukt.

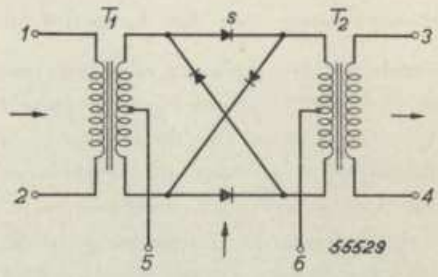


Fig. 9. Schema van de ringmodulator. Tussen de transformatoren T_1 en T_2 zijn vier als het ware in een ring geschakelde seleniumventielen s aangebracht.

In ons geval moeten we anders te werk gaan. De amplitude van de gemoduleerde draaggolf is nl. bij de dubbele balansschakeling van fig. 9 evenredig met het verschil tussen momentele en gemiddelde waarde der signaalspanning, en wel evenredig met de absolute waarde van dat verschil. Voor facsimile-signalen, waarvan de gelijkspanningscomponent door de transformator aan de ingang *1-2* niet wordt doorgelaten, leidt dit tot zonderlinge consequenties. Stel bijv. dat we aan *1-2* een signaal toevoeren, verkregen van een document met een gemiddelde helderheid juist halverwege tussen B (zwart) en C (wit). Voor het signaalniveau B zou dan dezelfde draaggolfamplitude aan

[3]) Dit is de bekende eigenschap van een „kathodevolgtrap" (cathode follower), waarop onze schakeling enigszins gelijkt. In tegenstelling met een echte kathodevolgtrap kan echter de buis in ons geval in principe een versterking > 1 leveren.

[4]) Zie bijv. G. H. Bast, D. Goedhart en J. F. Schouten, Een draaggolftelefonie-systeem voor 48 kanalen, I. De keuze van de modulatiemethode, Philips techn. T. **9**, 161-171, 1947 (No. 6).

[5]) Zie bijv. F. A. de Groot en P. J. den Haan, Modulatoren voor draaggolftelefonie, Philips techn. T. **7**, 83-91, 1942.

[6]) Zie voor een en ander bijv. het in [5]) aangehaalde artikel.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

de uitgang van de modulator worden verkregen als voor signaalniveau *C*: geheel zwart en geheel wit zouden niet te onderscheiden zijn!

Om deze reden voeren wij de draaggolf toe aan de klemmen *1-2*, en het signaal aan *5-6*. Aan de uitgang *3-4* verschijnt ook in dit geval een met de draaggolffrequentie wisselende spanning; de amplitude hiervan is op elk ogenblik evenredig met de momentele absolute waarde van de spanning op *5-6*. In een voorafgaande trap hebben wij het signaalniveau *D*, op de wijze zoals hierboven werd beschreven, op een vaste potentiaalwaarde gefixeerd, en wel op de waarde nul. (Dit komt op hetzelfde neer alsof een gelijkspanning, tegengesteld gelijk aan de signaalspanning voor niveau *D*, in serie met het signaal zou zijn geschakeld.) Doordat de spanning op *5-6* nu nooit van polariteit verandert, maar slechts wisselt tussen de waarde nul (voor niveau *D*) en een maximum (voor niveau *A*), kan de boven beschreven dubbelzinnigheid niet optreden. Heeft het signaal bijv. de gedaante van *fig. 10a*, dan verkrijgt men aan de uitgang een wisselspanning volgens fig. 10*b*.

De draaggolffrequentie kiezen wij gelijk aan de hoogste in het signaal voorkomende frequentie (q_{max} = 100 kper/sec), of eventueel iets hoger of lager. Voor de transmissie gebruiken wij

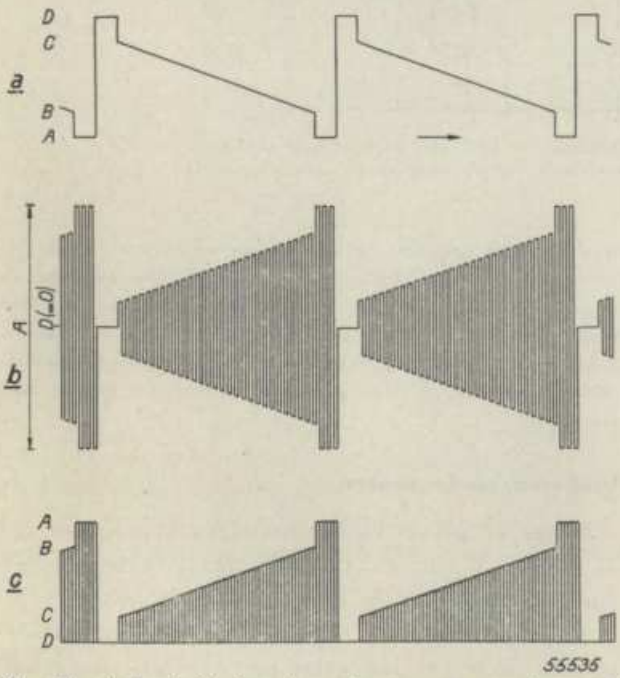


Fig. 10. *a*) Facsimile-signaal, verkregen van een document dat aan een zijde zwart, aan de andere wit is en daartussen (in richting der afgetaste lijnen) alle tussentinten vertoont. De gemiddelde helderheid ligt midden tussen de niveaus *B* en *C*. *b*) Gemoduleerde draaggolf die aan de uitgang *3-4* van de modulator wordt verkregen, indien aan de ingang *5-6* het signaal (*a*) wordt toegevoerd, in serie met een gelijkspanning, tegengesteld gelijk aan de signaalspanning voor niveau *D*. *c*) Resultaat van een dubbelfasige gelijkrichting van (*b*).

de onderste zijband, *p—q*. *Fig. 11* laat zien dat deze zijband in hetzelfde frequentiegebied valt als het oorspronkelijke Fourier-spectrum (*q*), nl. tussen 0 en 100 kper/sec. Hij is echter ten opzichte

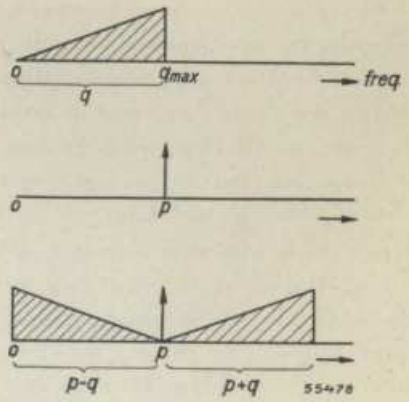


Fig. 11. Ligging van de oorspronkelijke frequentieband van het facsimile-signaal (q = 0 tot $q = q_{max}$ = 100 kper/sec), van de draaggolf (p = 100 kper/sec), en van de door modulatie verkregen zijbanden $p-q$ en $p+q$.

van dit spectrum gespiegeld: de lage Fourier-componenten van het signaal liggen nu nabij 100 kper/sec, de hoge nabij 0 kper/sec. Bij de uitzending over de kabel worden dus slechts de hoogste Fourier-componenten (bijv. van q = 92 tot 100 kper/sec) benadeeld, hetgeen de weergave niet noemenswaard achteruit doet gaan.

Door deze modulatiemethode wordt voldaan aan de voor de hand liggende wens, een bij de laagste frequenties beginnende band voor de transmissie te gebruiken (dus niet bijv. een band van 100-200 kper/sec, of hoger gelegen), terwijl hiervoor toch géén meervoudige modulatie behoeft te worden toegepast. Van het oorspronkelijke signaal, welks frequenties in de transmissieband vallen, ondervindt men geen last, daar de gebalanceerde schakeling van de modulator, zoals reeds werd vermeld, het op *5-6* staande signaal niet aan de uitgang laat optreden. De bovenste zijband, $p+q$, van het gemoduleerde signaal kan men desgewenst ook hier door een filter onderdrukken, ten einde de kabel, indien deze voor frequenties boven 100 kper/sec bruikbaar is, in dit frequentiegebied op normale wijze voor telefoniekanalen beschikbaar te houden.

Om in het ontvangstation uit de overgebrachte gemoduleerde draaggolf (fig. 10*b*[7])), het „laagfrequente" signaal terug te krijgen, zou men deze op de wijze die in de draaggolftelefonie gebruikelijk is, kunnen demoduleren. Daartoe zou zij weer aan een

[7]) Door het onderdrukken der frequenties boven 100 kper/sec ($p+q$) verschilt de vorm der overgebrachte spanning wel iets van fig. 10*b*, de afwijking (afronding van steile sprongen) kan hier echter worden verwaarloosd.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

modulatorschakeling volgens fig. 9 moeten worden toegevoerd, op welker andere ingang een spanning met de draaggolffrequentie p wordt gezet. In ons geval bleek echter een eenvoudiger werkwijze mogelijk. Wij passen alleen een dubbelfasige gelijkrichting toe. Het resultaat is een spanning volgens fig. 10*c*. Dit is nagenoeg het oorspronkelijke signaal (vermeerderd met de bewuste tegengestelde gelijkspanning), voorzien van een „rastering" met de dubbele draaggolffrequentie, $2p$. Merkwaardig genoeg, kan men nu deze spanning (na de nodige versterking en eventuele begrenzing, zie later) rechtstreeks gebruiken om de lichtsterkte van het schrijflampje te besturen. Het door de rastering veroorzaakte flikkeren heeft nl. een zodanige frequentie dat er op de film stippen van $16^1/_2$ μ breedte en afstand aan zouden beantwoorden. Doordat de schrijfvlek echter zelf 33 μ breed is, worden de bedoelde stippen juist volledig uitgesmeerd, en van de rastering valt dus op de film niets te bemerken.

in te gaan, vermelden we dit om nog eens te illustreren, dat frequentiebeschouwingen wel nuttig zijn voor het beoordelen van transmissie-eigenschappen, maar dat zij niet tot het eenvoudigste inzicht leiden zodra de gedaante van het spanningsverloop in het geding komt.

Het lijkt ons nuttig om hier nog het volgende op te merken. Indien het signaal van de fotocel sterk genoeg is om het onmiddellijk, zonder versterking, op een draaggolf te kunnen moduleren, en indien men het dan pas in de eindtrap van de ontvanger laat demoduleren, kan men het boven besproken probleem om de „schaal" van het facsimile-signaal over te brengen, veel eenvoudiger oplossen. Elk signaalniveau correspondeert dan nl. van meet af aan met een bepaalde draaggolfamplitude, en men kan gemakkelijk zorgen, dat de schaal van draaggolfamplituden op de juiste wijze in een schaal van roosterspanningen op de eindbuis wordt weergegeven. Bij de meeste sytemen voor langzame facsimile-overdracht wordt deze weg gevolgd; voor het moduleren worden daarbij allerlei methoden, deels mechanische, deels electrische, toegepast. In ons geval echter is het signaal te zwak voor directe modulatie, zodat voorafgaande versterking nodig is. Voorts heeft bij ons het „demoduleren", zoals op het schema fig. 1 is te zien, reeds enkele trappen vóór de eindtrap plaats; dit is noodzakelijk ten einde zonder grote complicaties de

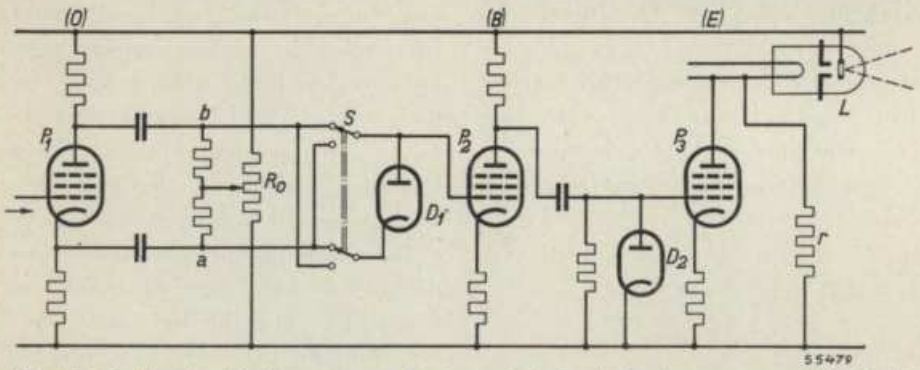


Fig. 12. De laatste drie trappen van de transmissie, in het ontvangapparaat (O, B, E van fig. 1). L is het schrijflampje, dat door de stroom van de eindbuis P_3 wordt gevoed.

Is de draaggolffrequentie iets kleiner of groter dan 100 kper/sec gekozen — hetgeen er op zichzelf weinig toe doet —, dan zijn de flikkerstrepen niet precies half zo breed als de schrijfvlek en is de uitsmering niet volledig. Het resultaat is dan, als men geen maatregelen neemt om de dubbele draaggolffrequentie te onderdrukken (wat overigens met een zeer eenvoudig filter mogelijk is), een zwakke fluctuatie van de zwarting op de film. Dit is de reden waarom wij bij de beschreven modulatiemethode het niveau D (d.i. het helderste wit) aan de draaggolfamplitude nul laten beantwoorden. In principe zou men ook zo te werk kunnen gaan dat men voor het niveau A (absoluut zwart) de draaggolfamplitude nul en voor D maximaal maakt. Door onze keuze echter wordt gewaarborgd, dat de eventuele fluctuatie alleen in het zwart en grijs kan optreden, niet in het wit, waar zij het meest storend zou zijn.

Voor wie gewend is te denken in de termen van de draaggolftelefonie, zal het rechtstreeks gebruiken van de spanning fig. 10*c* verrassend zijn, omdat niet direct is te zien hoe uit het gespiegelde Fourier-spectrum der spanning fig. 10*b* het oorspronkelijke spectrum teruggekregen is: er heeft immers geen omkering van de frequentieband plaats gehad, zoals bij het normale demoduleren. Zonder hier dieper op begrenzing van het signaal te kunnen uitvoeren, die we hieronder nog nader zullen bespreken. Zo komt het, dat wij voor het overbrengen van de „schaal" maatregelen moesten nemen die in de facsimile-telegrafie tot dusverre niet gebruikelijk waren en die voor het begrip wellicht enige moeilijkheden bieden — al is de practische uitvoering er van heel eenvoudig.

Omkeren en begrenzen

In *fig. 12* geven wij het principeschema weer van de in fig. 1 met O, B en E aangeduide trappen van de versterker in het ontvangapparaat.

P_3 is de eindbuis (EL 6), waarvan de anodestroom door het schrijflampje L wordt gezonden. De buis is met behulp van een kathodeweerstand tegengekoppeld om een zo goed mogelijk lineair verband tussen anodestroom en roosterspanning (signaalspanning) te verkrijgen. Als maximale stroom willen we gebruiken de anodestroom die de buis levert bij een roosterspanning van nul volt

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

ten opzichte van aarde [8]); bij een roosterspanning van —15 volt (afknijpspanning) is de stroom nul. Om de schrijflamp een negatieve reproductie van het origineel op de film te doen registreren, moet de buis in principe de maximale stroom leveren voor het signaalniveau C (origineel wit), de stroom nul voor signaalniveau B (origineel zwart). Dit wordt als volgt bewerkstelligd: de signaalamplitude van A tot D wordt geregeld op 26 volt (met

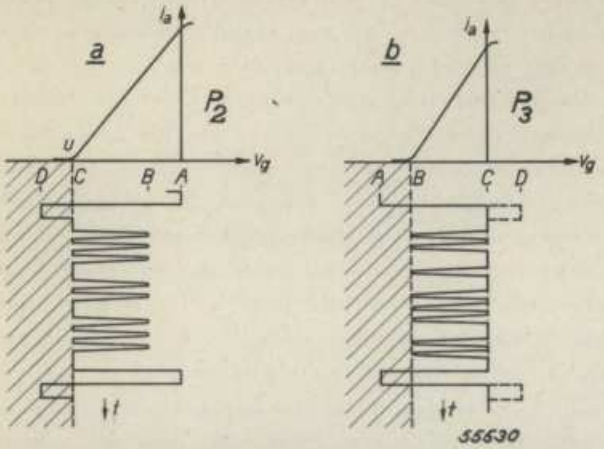


Fig. 13. i_a-v_g karakteristieken der tegengekoppelde buizen P_2 en P_3. *a*) Het signaal (links onderaan) wordt zodanig in de roosterruimte van de versterkbuis P_2 gelegd dat de niveaus „beneden" C, dwz. de toppen der impulsen D, beneden het afknijppunt u van de karakteristiek vallen. Dit is mogelijk doordat niveau A op een vaste potentiaal en de amplitude A-D constant worden gehouden. *b*) In de roosterruimte van de eindbuis P_3 ligt het signaal zodanig, dat bij het vastgehouden niveau C (wit) de maximale stroom vloeit en de niveaus beneden B (zwart) onder het afknijppunt vallen. Het signaal is aldus bij de niveaus C en B begrensd.

behulp van de meter I in fig. 1; zie hierboven), en de toppen van het signaal worden met behulp van de diode D_2 op een zodanige potentiaal vastgehouden dat het signaal in de „roosterruimte" van de buis komt te liggen op de manier als geschetst in *fig. 13b*. De delen van het signaal met niveaus lager dan B vallen beneden het afknijppunt van de buis en worden dus afgesneden.

Aangezien met toenemende anodestroom van een versterkbuis de spanningsval op de anodeweerstand toeneemt, is de anodepotentiaal van de buis P_2 meer positief naarmate het rooster van deze buis een lagere (minder positieve) spanning heeft. Om op het rooster van P_3 het signaal te verkrijgen dat in fig. 13*b* werd geschetst, zorgen we derhalve dat de roosterspanning van P_2 verloopt volgens fig. 13*a*: het signaal is hier omgekeerd. Bovendien leggen wij het signaal bij deze buis, door de „toppen" A met behulp van de diode D_1 op een geschikte potentiaal vast te houden, zo in de roosterruimte dat hier juist de signaalniveaus „beneden" C (dwz. de impulsen D) onder het afknijppunt vallen en dus worden afgesneden. (Door de diode D_2 wordt dan ook in werkelijkheid niet niveau D maar niveau C gefixeerd.)

In de trappen P_2 en P_3 wordt dus het signaal begrensd tussen de niveaus B en C.

Hiermee is feitelijk niets anders bereikt dan dat de roosterruimte der eindbuis die voor een lineaire weergave beschikbaar is, ten volle wordt gebruikt. Het begrenzen verkrijgt echter nog een essentiëler betekenis, zodra men niet foto's wil overbrengen, doch documenten die alleen zwart en wit bevatten.

In dit geval, waar het alleen om een zo goed mogelijk contrast tussen zwart en wit begonnen is, versterken wij het signaal tot een amplitude van bijv. 65 volt, tussen A en D gemeten, en leggen het zo in de roosterruimte van de eindbuis, dat de afsnijding plaats heeft bij een signaalniveau B', overeenkomend met bijv. 40% reflectievermogen in het origineel. De maximale stroom wordt nu reeds verkregen bij een signaalniveau C', dat beantwoordt aan een reflectievermogen van 60%; zie *fig. 14*. De gedeelten van het signaal met niveaus tussen C' en D worden, analoog als hierboven, door de voorafgaande trap P_2 afgesneden. Deze werkwijze heeft in de eerste plaats het voordeel, dat de overgangen tussen zwart en wit scherper worden dan bij de bewerking volgens fig. 13. De impulsen, die corresponderen met lijnen op het papier die door de aftastvlek worden gekruist, krijgen nl. steilere flanken en op deze wijze wordt de onscherpte, die de eindige diameter van de aftastvlek in de zender veroorzaakt (zie art. III), ten dele gecompenseerd. In de tweede plaats krijgt men nu een volkomen

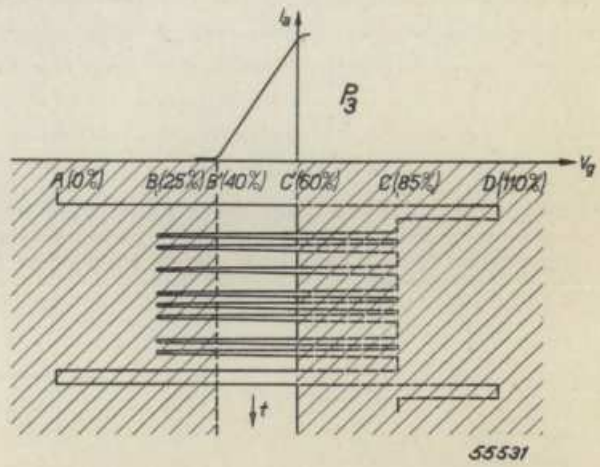


Fig. 14. Door het signaal vooraf flink te versterken, kan men het zodanig in de roosterruimten van P_2 resp. P_3 leggen, dat begrenzing plaats heeft bij de niveaus B' en C', in plaats van B en C. Zwart-witte documenten worden aldus contrastrijker en met minder verontreinigingen weergegeven.

[8]) De buis kan nog grotere momentele stromen leveren, doch hiervan maken we geen gebruik, aangezien de maximale stroom gedurende lange tijd achtereen moet worden gebruikt, zoals hieronder duidelijk zal worden.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

egaal witte achtergrond en egaal zwarte letters, waartegenover de in fig. 13 gebruikte „witte" en „zwarte" signaalniveaus B en C allerlei fluctuaties bevatten, veroorzaakt door vegen of vlekjes op het papier, kleine onregelmatigheden in de scherpstelling der optieken in de zender, geruis- en andere stoorspanningen [9]).

De afsnijniveaus kunnen gevarieerd worden door regeling van de versterking der voorgaande trappen en door geschikte instelling van de potentiaal van het rooster van P_2 met behulp van de potentiometer R_0 in fig. 12.

In dit hoofdstuk hebben wij vooropgesteld, dat de eindbuis de maximale stroom moest leveren bij het signaalniveau dat correspondeert met wit in het origineel. Op de film ontstaat dan een negatieve reproductie. Het zal nu zonder veel toelichting duidelijk zijn, dat men ook een positieve reproductie op de film kan verkrijgen, nl. door het signaal „omgekeerd" in de roosterruimte van de eindbuis te leggen, op de wijze zoals in fig. 13*a* voor de buis P_2 werd voorgesteld: de maximale stroom moet nu door de schrijflamp vloeien bij het signaalniveau B (of B', indien de begrenzing voor zwart-witte documenten wordt toegepast), de stroom nul bij het signaalniveau C (resp. C'). Met onze schakeling fig. 12 is dit op zeer eenvoudige wijze mogelijk. De koppelketen met de gewijzigde diodeschakeling, welke tussen de buizen P_1 en P_2 is toegepast, levert nl., indien men de versterking van P_1 gelijk aan 1 maakt, aan de uitgang een gebalanceerd signaal. De potentiaal van punt a heeft dus een verloop dat het spiegelbeeld is van dat van punt b, hetwelk we tot nu toe hebben gebruikt. De gewenste omkering van het signaal — waarbij men nu het niveau D een vaste potentiaalwaarde op het rooster van P_2 moet geven — wordt derhalve verkregen door met behulp van de schakelaar S de diode-aansluitingen te verwisselen. Door regeling van de bedoelde vaste potentiaalwaarde met behulp van R_0 legt men het omgekeerde signaal wederom op de juiste wijze in de roosterruimte van de buis P_2.

[9]) Ook de invloed van de vervorming door het geleidelijk oplopen van de roosterpotentiaal in de diodeschakeling volgens fig. 6 wordt bij gebruik van de afsnijniveaus B' en C' geëlimineerd.

Lineariteit der weergave

Tot slot beschouwen wij nog de lineariteit der weergave van de gehele installatie. Zowel de zender als alle schakels van de transmissie werken vrijwel lineair. Dat wil zeggen, dat de stroom welke de eindbuis levert, in lineair verband staat met het reflectievermogen der afgetaste beeldpunten. In het ontvangapparaat treden echter niet-lineaire elementen op, nl. de film, waarop het ontvangen document wordt geregistreerd, het afdrukpapier waarop men een vergrote positieve copie maakt, en de schrijflamp.

Onderstel even, dat deze lamp wel een lineaire karakteristiek had, dwz. dat er een lineair verband was tussen de lichtsterkte van de lamp en de stroom van de eindbuis. De weergave door ons gehele systeem zou dan wat lineariteit betreft, even goed of slecht zijn als wat een fotograaf met zijn toestel kan presteren. Het is daarbij bekend dat men de niet-lineariteit van de film en die van het afdrukpapier elkaar in belangrijke mate kan laten compenseren.

In werkelijkheid is de karakteristiek van de ontlading in kwik en argon, die voor het schrijflampje wordt gebruikt (zie artikel III), niet geheel recht. Het blijkt nu mogelijk — o.a door toevoeging van de weerstand r in fig. 12, die een zwakke ruststroom door het lampje laat vloeien — de kromming der karakteristiek te gebruiken om de genoemde compensatie zelfs nog te verbeteren.

Natuurlijk kan hiervan alleen sprake zijn bij negatieve registratie. Past men de boven beschreven omkering toe en registreert men dus op de film rechtstreeks een positief, dan vervalt de compensatie. Hiervan behoeven wij ons echter niets aan te trekken, want het schrijven van een positief op de film zal alleen in aanmerking komen indien men van plan is copieën te maken op normaal lichtdrukpapier (dit levert immers van een positief een positieve copie). Dit nu is, met het oog op de zeer steile gradatie der lichtdrukpapieren, toch alleen mogelijk voor documenten zonder halftinten, waar de lineariteit der weergave geen punt van overweging vormt en waar wij door het beschreven proces van begrenzen zelfs bewust van de lineaire weergave afwijken.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

ENIGE BESCHOUWINGEN IN VERBAND MET HET VERLICHTEN VAN VERKEERSTUNNELS

door A. M. KRUITHOF. 628.971.8:535.241.46

Het is niet doenlijk een verkeerstunnel, bijv. onder een rivier aangebracht, zo sterk te verlichten, dat de helderheid daarbinnen even groot is als die van het daglicht. Aan de hand van een voorbeeld van zulk een tunnel worden de moeilijkheden besproken die voor een autobestuurder optreden bij het passeren daarvan als gevolg van de steeke verandering van het helderheidsniveau. Deze bezwaren kunnen beschouwd worden uit het gezichtspunt van de adaptatie en uit dat van de verblinding. Het blijkt, dat de gegevens over helderheidsaanpassing onvoldoende zijn om op grond daarvan iets over de kwaliteit van het zicht te kunnen concluderen. Door het verblindingsproces worden verschillende prestaties van het oog, o.a. de contrastgevoeligheid, verminderd. De hierover in de literatuur beschikbare gegevens geven ook geen bevredigende verklaring van de moeilijkheden. Mededeling wordt gedaan van de resultaten van een laboratoriumproef over de verandering van de contrastgevoeligheid bij het naderen en het binnenrijden van een tunnel. Bij de Maastunnel te Rotterdam zijn de omstandigheden ongeveer als ondersteld werd bij de als voorbeeld gekozen tunnel. Indien men op grond van de hier medegedeelde onderzoekingen de zichtcondities bij een dergelijke tunnel nog verder zou willen verbeteren, dan zou dit moeten geschieden door een verhoging van de helderheid van de inrijverlichting, eventueel door daarbij gebruik te maken van getemperd daglicht.

Inleiding

Bij de moderne stedenbouw is het meermalen noodzakelijk gebleken onder een rivier die een stad doorkruist, een verkeerstunnel aan te leggen. Bij de uitvoering van een dergelijk project komt men voor vele problemen te staan. Een daarvan is de vraag, hoe de verlichting in zulk een tunnel in verband met de veiligheid van het snelverkeer moet worden ingericht.

Een verkeerstunnel zo sterk te verlichten dat de helderheid daarbinnen even groot is als overdag op een open verkeersweg, is technisch bijna onmogelijk en economisch zeker niet verantwoord. Er is dus niet aan te ontkomen, dat men bij het gebruik van een dergelijke tunnel tijdelijk in een ruimte vertoeft waar de helderheid lager is dan daarbuiten. Het oog heeft dan enige tijd nodig om zich aan te passen aan het nieuwe helderheidsniveau. Voor voetgangers is dit in de regel niet bezwaarlijk. Wanneer zij met behulp van roltrappen of op een andere wijze in de tunnel afdalen, dan zal het oog tijdens deze overgang gewoonlijk tijd genoeg hebben om zich in zulk een mate aan de nieuwe omstandigheden aan te passen, dat zij voldoende kunnen onderscheiden om zonder moeilijkheden de tunnel te passeren. Maar voor automobilisten die zich met een snelheid van bijv. 60 km/uur voortbewegen, is de overgangstijd zo kort, dat de veiligheid van het verkeer ernstig gevaar zou lopen, indien geen bijzondere maatregelen werden genomen.

In dit artikel wordt eerst nagegaan hoe men zich, uitgaande van de gegevens betreffende een bepaalde tunnel die we als voorbeeld kiezen, een voorstelling kan maken van de moeilijkheden die een, de tunnel passerende, automobilist ondervindt.

Vervolgens wordt dan nader ingegaan op die physiologische verschijnselen, die in dit geval enig licht kunnen werpen op de kwaliteit van het zien.

Deze beschouwingen waren aanleiding tot het doen van enige proeven over het gedrag van de contrastgevoeligheid onder veranderende omstandigheden; over deze proeven wordt aan het slot het een en ander meegedeeld.

Voorbeeld van een verkeerstunnel

We onderstellen, dat we te doen hebben met een tunnel voor snelverkeer met een totale lengte van ca 1 km, en dat deze afzonderlijke kokers voor de beide verkeersrichtingen heeft. Laten deze kokers bijv. 7 meter breed en 4 meter hoog zijn. Deze breedte is voldoende om voor automobilisten inhalen mogelijk te maken en toe te staan.

We nemen aan, dat de verlichting van iedere tunnelkoker bestaat uit een inrijgedeelte van 100 meter lengte, waarin een zodanige verlichting is aangebracht dat de horizontale helderheid 65 k/m^2 bedraagt. Na deze 100 meter begint dan de eigenlijke tunnelverlichting, waarvan we de helderheid op 3 k/m^2 stellen. Laat deze laatste verlichting tot de uitgang van de tunnel onveranderd blijven. Verder veronderstellen we nog, dat de vele lampen in de tunnel zodanig zijn aangebracht dat de helderheid niet merkbaar ongelijkmatig is en dat de

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

lampen niet verblinden. Indien we de moeilijkheden gaan bespreken die optreden voor automobilisten bij het passeren van zulk een tunnel, zullen we er van uitgaan, dat zij geen gebruik maken van hun koplampen en dat zij voortdurend een snelheid van ca 60 km per uur handhaven.

Het gezichtsveld van een automobilist bij het passeren van de tunnel

Bij een snelheid van ongeveer 60 km per uur richten op een normale verkeersweg de meeste autobestuurders hun blik op een punt dat ca 200 m vóór hun wagen ligt. Deze afstand kan gedurende korte tijd tot bijv. 100 m verkort worden. Bij de instelling op een nog kortere afstand wordt de bestrating met een zo grote schijnbare beweging gezien, dat deze voor de waarnemer hinderlijk en zeer vermoeiend is.

Het gezichtsveld van de bestuurder zal, indien deze langs een open verkeersweg de tunnel nadert, doorgaans een hoge helderheid hebben. Deze helderheid kan, afhankelijk van het weer en van het wegdek, zeer verschillende waarden bereiken. Bij zonnig weer, als er bovendien sneeuw ligt, kan zij zelfs $3 \cdot 10^4$ k/m² bedragen, bij donker regenweer daarentegen bijv. 10^2 à 10^3 k/m².

Het grootste deel van het gezichtsveld van de bestuurder behoudt deze hoge helderheid tot enkele ogenblikken voor het binnenrijden van de tunnel. Spoedig daarna bevindt hij zich in de tunnel, waar de helderheid aanvankelijk 65 k/m² is en een ogenblik later slechts 3 k/m².

De vraag is nu of het menselijk oog in staat is zich in de beschikbare tijd aan deze lage helderheid aan te passen. Bij het verlaten van de tunnel wordt omgekeerd van het oog verlangd, dat het zich vrij plotseling van een lage aan een hoge helderheid aanpast.

Verschillende gezichtspunten bij de beoordeling van het zicht in de tunnel

In eerste instantie zou men de physiologische processen in het oog bij het binnenrijden en het verlaten van de tunnel kunnen beschouwen als een helderheidsaanpassing of adaptatie.

De bestuurder van de auto ziet zich uit een zeer heldere omgeving komende vrij plotseling in een veel minder heldere ruimte geplaatst. De verschijnselen die zich bij hem voltrekken, vertonen een zekere gelijkenis met die welke optreden als iemand uit een helder vertrek komend plotseling in volslagen duisternis wordt gebracht, of als in een verlicht vertrek de verlichting plotseling wordt gedoofd, met dit verschil echter dat in het geval van de tunnel de duisternis niet volkomen is, omdat, zoals we onderstelden, een helderheid van 3 k/m² in ieder geval aanwezig blijft.

Het gebruik van de uitdrukking „adaptatie van het oog" veronderstelt min of meer, dat het hier gaat om verschijnselen welke voor het oog in zijn geheel gelden. Wij mogen echter niet blind zijn voor het feit, dat reeds bij het naderen van de tunnel het netvlies wat de lichtverdeling betreft in een bijzondere toestand verkeert. De bestuurder van een auto zal nl. reeds enige honderden meters vóór de tunnelmond trachten te zien of er in de tunnel obstakels aanwezig zijn. Hij zal daartoe zijn blik strak gericht houden op de tunnelmond en het centrum van zijn gezichtsveld zal derhalve gevormd worden door een steeds groter wordend veld van lage helderheid.

De pogingen van de bestuurder om in het bedoelde veld bijzonderheden te onderscheiden, zullen gehinderd worden door de grote helderheid van de rest van het gezichtsveld, dat gevormd wordt door de wand rondom de tunnelingang, het daarboven zichtbare deel van het uitspansel, en het tussen hem en de tunnelmond gelegen wegdek. Deze grote helderheid zal op het zien in het centrale veld verblindend werken. Daarom is het physiologische proces in het oog, in tweede instantie, althans bij het binnenrijden in de tunnelmond, op te vatten als een verblindingsproces.

Terwijl de automobilist de tunnelmond nadert, ondervindt hij een verblinding van de omgeving van die mond. Even later echter, als hij de tunnel binnengaat, is de hoge helderheid geheel verdwenen. Hij zal dan van deze hoge helderheid een voor het zicht storende nawerking ondervinden. Zolang de hoge helderheid nog aanwezig is, spreekt men van een simultane verblinding, wanneer zij verdwenen is van een successieve verblinding [1]).

Bij de overgang van de inrijverlichting naar de eigenlijke tunnelverlichting treden dezelfde processen op als bij het binnenrijden, echter bij lagere helderheden.

Beide gezichtspunten, adaptatie en verblinding zullen in dit artikel nader worden onderzocht.

Vóór het verlaten van de tunnel heeft men reeds op enige afstand van de uitgang een helder gezichtsveld met een donkere omgeving. Deze omgeving zal juist de aandacht op het heldere gezichtsveld concentreren en de waarneming gunstig beïnvloeden. Bovendien is het een gunstige omstandigheid, dat het heldere gezichtsveld langzaam groter wordt. We komen hierop nog terug.

[1]) De verschillende vormen van verblinding zijn vroeger in dit tijdschrift uitvoerig beschreven. Zie P. J. Bouma, Philips techn. T. 1, 225-229, 1936.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Beschouwing van de tunnelverlichting uit het gezichtspunt der helderheidsaanpassing

Het menselijk oog heeft twee soorten lichtgevoelige elementen, nl. die welke gebruikt worden bij hoge helderheden en voor het zien van kleuren, en die waarmee lage helderheden worden waargenomen. Wanneer we geruime tijd in een sterk verlichte ruimte vertoefd hebben, zien we met de elementen voor hoge helderheden (de kegeltjes). Betreden we daarna plotseling een donker vertrek, dan komt het zwakste licht dat we met deze elementen kunnen waarnemen, overeen met een helderheid van bijv. 0,1 k/m². Men noemt dit de drempelwaardehelderheid, die past bij de helderheid waaraan het oog in de sterk verlichte omgeving geadapteerd was.

Blijven we lange tijd in het donkere vertrek, dan neemt de drempelwaardehelderheid in ongeveer 30 min af tot $6{,}4\cdot10^{-6}$ k/m². (De grafische voorstelling van dit verloop noemt men een drempelwaardekromme.) De elementen voor de lage helderheid (de staafjes) worden nl. langzamerhand ook gevoelig. De gevoeligheid is dan totaal met een factor 15 000 toegenomen. Maar daarmede is dan ook vrijwel de uiterste grens van de lichtgevoeligheid (de absolute drempelwaarde) bereikt.

Tot zover over het proces van de donker-aanpassing. Het tegenovergestelde proces, dat van de licht-aanpassing, verloopt veel sneller. Wanneer we ons uit een donkere ruimte naar een sterk verlicht vertrek begeven, is het oog na enig „knipperen" gewoonlijk in zeer korte tijd aangepast aan de nieuwe situatie.

Zowel de donker-aanpassing als de licht-aanpassing verlopen betrekkelijk langzaam, al komt de laatste veel sneller tot stand dan de eerste. Bij ons oog speelt echter een afzonderlijke eigenschap een rol om ons in de eerste ogenblikken na het veranderen der helderheid in staat te stellen de verandering althans ten dele te neutraliseren. Dit is de mogelijkheid van het vergroten en verkleinen van de diameter van de oogpupil. Afhankelijk van de helderheid die waargenomen wordt, varieert de diameter van de pupil ongeveer van 2 tot 8 mm.

Men kan voor een bepaalde helderheid waarbij het oog is aangepast, het verloop van de drempelwaarde met de tijd onderzoeken door op verschillende tijden na het wegnemen van de hoge helderheid de kleinste waarneembare helderheid te bepalen.

In het door ons beschouwde voorbeeld van een tunnel ligt de in de tunnel zelf veronderstelde helderheid nog in het gebied van het zien met de kegeltjes. Ook is de tijd die een auto nodig heeft om de tunnel te passeren zo klein, dat we het gebruik van de andere elementen buiten beschouwing kunnen laten. We zullen daarom alleen het verloop van de drempelwaardehelderheid nagaan voor zover deze met de kegeltjes wordt waargenomen.

In *fig. 1* is zo'n drempelwaardekromme getekend [2]). Er werd uitgegaan van een toestand waarbij het oog aangepast was aan een helderheid van $3\cdot10^4$ k/m².

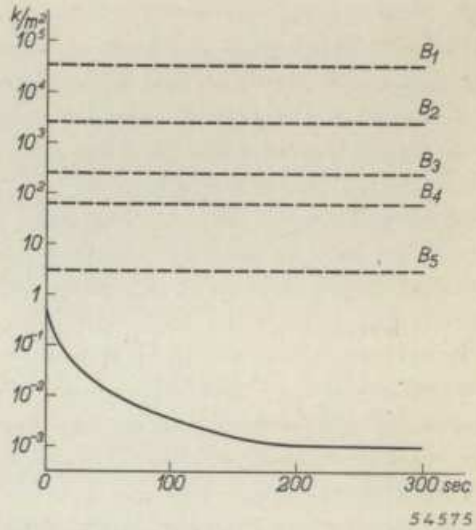


Fig. 1. Drempelwaardekromme voor het menselijk oog bij een beginhelderheid van $3\cdot10^4$ k/m². De kromme geeft voor deze beginhelderheid het verloop aan van de drempelwaardehelderheid als functie van de tijd, voor zover gebruik gemaakt wordt van de oogelementen voor hoge helderheid. De horizontale lijnen geven helderheden aan die bij de als voorbeeld beschouwde tunnel kunnen worden verwacht: B_1, B_2 en B_3 de helderheid buiten de tunnel resp. bij zonnig weer met sneeuw, bij helder weer zonder sneeuw en bij donker weer; B_4 de helderheid onder de inrijverlichting en B_5 die bij de normale tunnelverlichting.

De getekende kromme geeft daarbij het verloop van de drempelwaardehelderheid aan bij het gebruik van een natuurlijke pupildiameter.

Deze kromme biedt de mogelijkheid om aan te geven of we nog enige waarneming kunnen verrichten als we van een bepaalde beginhelderheid plotseling op een lagere helderheid overgaan. Ligt deze helderheid boven de drempelwaardehelderheid dan is er immers in principe enige waarneming mogelijk.

In fig. 1 zijn behalve de drempelwaardekromme door horizontale lijnen aangegeven: de helderheid die men buiten de tunnel kan verwachten bij zeer helder weer met sneeuw: $B_1 = 3\cdot10^4$ k/m², bij helder weer zonder sneeuw: $B_2 = 2{,}5\cdot10^3$ k/m², bij donker weer: $B_3 = 2{,}5\cdot10^2$ k/m²; onder de ontstoken inrijverlichting: $B_4 = 65$ k/m² en in de tunnel zelf: $B_5 = 3$ k/m².

Het blijkt nu uit de figuur, dat de helderheid van

[2]) Deze kromme werd berekend met de theorie van Moon en Spencer (J. Opt. Soc. Amer. **35**, 45-65, 1945), die de verschijnselen voor ons doel voldoende nauwkeurig weergeeft.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

de inrijverlichting (B_4) ligt boven de drempelwaardekromme behorende bij de beginhelderheid voor het geval van helder weer met sneeuw (B_1). Bij de overgang van B_1 op B_4 (en dit is bij de tunnel het ongunstigste geval dat zich kan voordoen) zal het oog dus zeker nog iets kunnen waarnemen. Zelfs bij de overgang van B_1 op B_5 is nog zicht mogelijk, daar de lijn die met de helderheid B_5 correspondeert, eveneens boven de drempelwaardekromme ligt. Indien de helderheid buiten de tunnel B_2 of B_3 is, geldt a fortiori, dat het oog, na overgang op de helderheden B_4 (resp. B_5), nog waarnemingen zal kunnen verrichten.

Na 60 seconden — de tijd die een automobilist nodig heeft om door de tunnel te rijden — heeft de drempelwaardehelderheid haar minimum nog niet bereikt.

Het is wel van belang uit fig. 1 af te lezen, dat een autobestuurder na het binnenrijden in de tunnel nog iets zal kunnen waarnemen; maar het blijft de vraag of de zichtcondities voldoende zijn voor veilig verkeer.

Men zou kunnen trachten een indruk te krijgen van de kwaliteit van het zicht in de tunnel door de daar heersende helderheid te vergelijken met de drempelwaardehelderheid van het oog van de automobilist.

Stel dat deze drempelwaardehelderheid n maal kleiner is dan de helderheid in de tunnel of na verloop van enige tijd zoveel malen kleiner wordt. Indien n, hetzij onmiddellijk hetzij na verloop van die tijd, voldoende groot is, zal men in de tunnel gemakkelijk obstakels kunnen waarnemen. De waarde die de factor n moet hebben hangt af van de eisen die men ten behoeve van de veiligheid van het verkeer en het gezichtscomfort wil stellen.

Voor het door ons besproken voorbeeld van een tunnel is direct na het binnenkomen de verhouding tussen de in de inrit aanwezige helderheid en de drempelwaarde die het oog kan waarnemen, bij zeer helder weer 120; bij donker weer is dit verhoudingsgetal groter. Een antwoord op de vraag, of het groot genoeg is om voldoende zichtcondities te scheppen, kan alleen een experimenteel onderzoek verschaffen.

De ons ten dienste staande gegevens over helderheidsaanpassing zijn onvoldoende om een conclusie te trekken over het zicht in de tunnel. Wij mogen ons echter niet beperken tot een beschouwing van de adaptatie als oorzaak van de verandering der drempelwaardehelderheid, maar we moeten ook rekening houden met het gedrag van andere physiologische eigenschappen van het oog, die gedurende het adaptatieproces eveneens veranderen. Een nader onderzoek naar die eigenschappen van het oog onder deze omstandigheden is daarvoor nodig.

De verschijnselen bij het verlaten van de tunnel komen door het bovenstaande in een heel ander licht te staan. Het is blijkbaar zo, dat in het oog van de automobilist, tijdens het korte verblijf in de tunnel, slechts een geringe aanpassing tot stand is gekomen. Hierdoor wordt het begrijpelijk, dat bij het verlaten van de tunnel zich geen moeilijkheden voor de autobestuurder voordoen.

Nadere beschouwing van de tunnelverlichting als verblindingsprobleem

Reeds eerder merkten we op, dat we de verschijnselen bij het binnenrijden en het passeren van de tunnel ook kunnen beschouwen uit het gezichtspunt van verblinding en dat we daarbij simultane en successieve verblinding moeten onderscheiden.

Om de verblindende werking van verschillende helderheidsindrukken op het oog onder verschillende omstandigheden te kunnen bestuderen is het gewenst, deze werking in getallen uit te drukken. Hiertoe wordt gewoonlijk gemeten hoeveel een bepaalde prestatie van het oog in het onderhavige verblindingsgeval achteruit gaat.

Zo kunnen we de achteruitgang meten van de contrastgevoeligheid, van de gezichtsscherpte, van de waarnemingssnelheid, enz.

Voornamelijk zullen we aandacht schenken aan de contrastgevoeligheid. Dit is een van de belangrijkste gegevens, die het zien op de weg bepalen, ze is meer dan de andere grootheden gevoelig voor verblinding, ze is gemakkelijk te meten en er zijn reeds heel wat gegevens over bekend. Het verloop der andere grootheden vertoont meestal een overeenkomstig gedrag.

De contrastgevoeligheid wordt gedefinieerd als $B : \Delta B$ waarin ΔB de juist waarneembare helderheidsverhoging of -verlaging is die men op een deel van het gezichtsveld kan aanbrengen, wanneer het gehele gezichtsveld oorspronkelijk een helderheid B bezat. Bevindt zich ergens in het gezichtsveld een voorwerp met een aanzienlijk hogere helderheid dan B, bijv. een lichtbron, dan zal deze lichtbron aanleiding geven tot een verblinding, die tot uiting komt in een verlaging der contrastgevoeligheid.

Metingen over de grootte der contrastgevoeligheid bij de aanwezigheid van een veld van hoge helderheid dat het eigenlijke meetveld omgeeft, werden verricht door Schuhmacher[3]). Deze zijn voor ons doel slechts gedeeltelijk bruikbaar. We hebben

[3]) Das Licht 11, 134-135, 1941.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

immers ondersteld, dat de helderheid van de tunnelmond met ontstoken inrijverlichting, die voor de automobilist vóór het inrijden het eigenlijke gezichtsveld vormt, 65 k/m² bedraagt, terwijl we aannamen, dat de omgeving van dit veld bij zonnig weer de zeer hoge helderheid van $3 \cdot 10^4$ k/m² zou bereiken. De gegevens van Schuhmacher gaan niet zo ver wat de omgevingshelderheid betreft, maar toch blijkt er wel uit, dat zeer grote contrasten nodig zijn om in de gegeven omstandigheden iets te kunnen zien. Uit zijn resultaten kan men nl. concluderen, dat er bij een middenveld van 65 k/m² hoogstens een omgevingsveld van 640 k/m² mag bestaan, indien men een contrastgevoeligheid 40 wil bereiken, en bij een omgevingsveld van 6400 k/m² moet het middenveld 3200 k/m² hebben om een zelfde contrastgevoeligheid mogelijk te maken. Het is daarbij van belang, dat de gezichtshoeken waarbij de metingen van Schuhmacher verricht zijn, van dezelfde orde van grootte waren als die welke bij de door ons beschouwde tunnel zouden voorkomen.

Wanneer men deze getallen ziet, zou men tot de conclusie komen, dat een tunnelverlichting zoals we ondersteld hebben, geheel onbruikbaar is.

Het blijkt echter, dat de Rotterdamse Maastunnel, die vrijwel overeenkomt met het door ons beschouwde voorbeeld, redelijk bruikbaar is en dat hoogstens nog een geringe verbetering in de verlichting mogelijk zou zijn.

Blijkbaar kan het physiologisch proces met zijn sterk veranderend karakter, waarbij de vorige toestand nog van invloed is op de volgende, niet op eenvoudige wijze in gedeelten worden verdeeld, met het gevolg dat daardoor de stationnair bepaalde gegevens uit de literatuur hierop niet direct toegepast kunnen worden.

Zowel de beschouwingen over de helderheidsaanpassing als die over de verblinding brachten ons er derhalve toe metingen te doen over de contrastgevoeligheid onder omstandigheden die overeenkomen met die welke zich aan een automobilist voordoen bij het naderen en binnenrijden van een tunnel.

Metingen over de contrastgevoeligheid bij het naderen en bij het binnenrijden van de tunnel.

Een model werd opgebouwd waarbij de heldere omgeving van de tunnelmond nagebootst werd door een groot scherm, 3×3 meter, van doorzichtig tekenpapier, dat aan de achterzijde sterk verlicht kon worden. In dit scherm S_1 waren naast elkaar twee uitsparingen aangebracht, resp. van 12×20 en 42×70 cm. Ongeveer 15 cm achter deze openingen bevond zich een nieuw scherm S_2 met een lage helderheid. Op dit tweede scherm konden vlekken V, resp. met diameters van 1 en 3 cm, met een sterkere helderheid geprojecteerd worden.

We plaatsen nu naast elkaar, in de linkerkolom een beschrijving van de toestand bij de tunnel die geïmiteerd werd, en in de rechterkolom een beschrijving van de wijze waarop dit geschiedde, en van de manier waarop de metingen werden uitgevoerd.

De automobilist rijdt met een snelheid van 60 km/uur op de vrije weg bij zeer mooi zonnig weer. In de verte ligt de tunnel die hij passeren moet.

De proefpersoon neemt op 2 meter afstand van het scherm plaats. S_2 is 12×20 cm en V heeft een diameter van 1 cm. De helderheid van S_1 is gemiddeld 6400 k/m² en die van S_2 65 k/m².

Een bepaald contrast tussen S_2 en V wordt ingesteld. Aan de proefpersoon wordt verzocht zijn oog gedurende enige minuten te adapteren aan de hoge helderheid van S_1.

Op ca 70 meter voor de mond van de tunnel wil de automobilist onderzoeken, of de inrit vrij is en kijkt hij naar en zo mogelijk vóór in de tunnelmond.

Op een bepaald moment wordt de proefpersoon verzocht naar S_2 te kijken en mee te delen, of hij het daar aanwezige contrast ziet. Het contrast wordt verschillende keren gewijzigd om de drempel van de contrastgevoeligheid te bepalen.

De automobilist is de tunnel na 2 seconden rijden tot 35 meter genaderd en tracht in de tunnel eventuele obstakels waar te nemen. Van 70 meter vóór de tunnel af zal hij voortdurend in de tunnelmond blijven kijken.

De proefpersoon neemt op 1 m van dezelfde opstelling plaats. Hij wordt weer verzocht zijn oog te adapteren aan de hoge helderheid. Op een bepaald moment moet hij naar S_2 kijken en 2 sec daarna wordt weer de drempel van de contrastgevoeligheid vastgesteld.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Bij het verder rijden neemt de tunnelmond schijnbaar in grootte toe. Ook een waargenomen obstakel wordt onder een steeds aangroeiende hoek gezien. Na bijna 2 sec is de automobilist de tunnel tot op 10 meter genaderd.

Tijdens het afleggen van de laatste 10 meter vóór de tunnel verandert het gezichtsveld van de bestuurder in zeer korte tijd aanzienlijk. De tunnel met zijn lage helderheid, die eerst slechts een klein gedeelte ervan innam, vult het weldra geheel. Dit is het geval op het moment waarop de auto de tunnel binnenrijdt.

Het scherm S_2 wordt vergroot tot 42×70 cm en de vlek V krijgt een diameter van 3 cm. De waarnemer neemt op 1 meter afstand van het scherm plaats. Zijn gezichtsveld geeft hem nu dezelfde indruk als de automobilist, die zich op ca 10 meter voor de tunnel bevindt. De proefpersoon adapteert eerst weer aan de hoge helderheid. Op zeker moment kijkt hij naar S_2. Vier seconden later wordt weer de drempel van de contrastgevoeligheid bepaald.

Het begin van de proef verloopt als in de vorige alinea, behalve dat 4 sec na het kijken naar S_2 de helderheid van S_1 teruggebracht wordt tot die van S_2. Op dit moment stelt de proefpersoon een stophorloge in werking. Op S_2 is een bepaald contrast ingesteld, de proefpersoon stopt zijn horloge zodra hij dit contrast kan waarnemen. Door de sterkte van het contrast te variëren kan men het verloop van de contrastgevoeligheid als functie van de tijd bepalen.

In de onderste helft van *fig. 2* zijn de resultaten van deze metingen weergegeven. De waarnemingen werden gedaan met 5 proefpersonen, waarvan 3 jonger dan 30 jaar waren en 2 enkele jaren ouder.

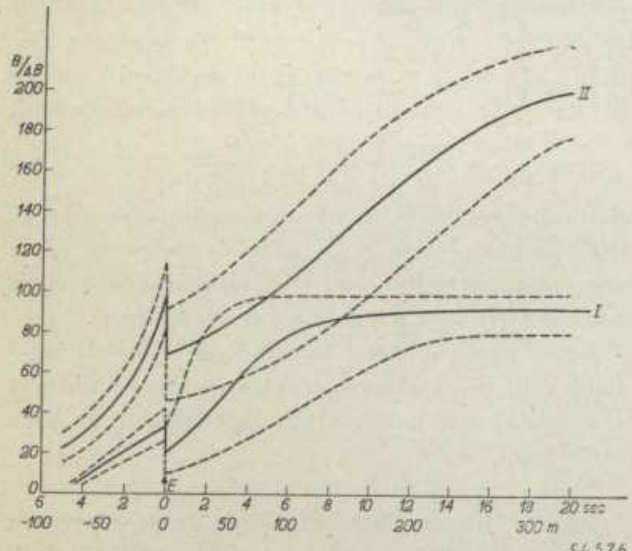


Fig. 2. De resultaten van een laboratoriumproef over de verandering van de contrastgevoeligheid bij wijziging van de helderheid en de omgevingshelderheid van het gezichtsveld. De onderste getrokken lijn geeft het verloop aan van de contrastgevoeligheid van het oog zoals deze volgens de proef moet zijn bij het naderen en binnenrijden van de tunnel, indien de helderheid van de inrijverlichting 65 k/m² bedraagt bij een omgevingshelderheid van 6400 k/m². De bovenste getrokken lijn stelt hetzelfde verloop voor met een inrijverlichting van 600 k/m². In beide gevallen is door stippellijnen de spreiding der waarnemingen, die bij 5 proefpersonen verricht zijn, aangegeven. Op de verticale as is de contrastgevoeligheid $B/\Delta B$ uitgezet, op de horizontale de afstand tot de ingang E van de tunnel en de tijd die een auto met een snelheid van 60 km/uur nodig heeft om deze afstand af te leggen.

De getrokken lijn geeft de gemiddelde contrastgevoeligheid van deze proefpersonen aan. De spreiding der metingen wordt door de gestreepte lijnen aangegeven. De resultaten van de 2 oudere personen tonen geen systematische afwijking van die der 3 andere. Dit was ook niet te verwachten, daar de teruggang van de contrastgevoeligheid boven de 30 jaar, de eerste jaren nog slechts gering is en de spreiding der uitkomsten betrekkelijk groot is.

Volgens de uitkomsten van de proef moet de contrastgevoeligheid ongeveer 70 meter voor de tunnel in de buurt van 7 liggen, bij het naderen van de tunnel tot 33 oplopen, dan plotseling terugvallen tot 20 en in de tunnel vrij snel toenemen tot een maximale waarde van ca 90.

Hierbij kunnen we opmerken dat een contrastgevoeligheid van 7 (contrast 15%) weliswaar nog niet eens zo buitengewoon slecht is, maar dat bij de beoordeling van deze proeven er wel op gelet dient te worden, dat zij gedaan zijn door waarnemers met een zeer goede contrastgevoeligheid. Voor personen van 60 jaar, die ook nog auto's besturen, is de contrastgevoeligheid aanzienlijk lager. Men zou eigenlijk ook niet op de gemiddelde waarde maar op de slechtste uitkomsten moeten letten. Ook moet men in aanmerking nemen, dat de proefpersoon in de meetopstelling aanzienlijk rustiger en dus beter kan waarnemen dan op de weg en dat het obstakel groot en zijn plaats aan de proefpersoon bekend was.

Op grond van deze overwegingen moeten we

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Fig. 3. Een blik in de verkeerstunnel onder de Nieuwe Maas te Rotterdam, die in 1942 in gebruik is genomen. Ten behoeve van het snelverkeer zijn twee tunnelkokers, 1072 m lang, naast elkaar aangebracht, elk 7,5 m breed en 4,20 m hoog, met een rijvlakbreedte van 6 m. Voor de verlichting worden Philips-natriumlampen met een lichtstroom van 2500 lumen gebruikt. Deze zijn geplaatst in ondiepe ornamenten, welke aangebracht zijn in nissen in het schuin naar voren hellende bovengedeelte van de tunnelwanden. De afstand tussen twee opeenvolgende lichtpunten bedraagt 6 m. Deze verlichting levert in de tunnel een helderheid van 3 k/m².

dan ook concluderen, dat de resultaten van onze experimenten bij de aangenomen helderheden niet steeds onder alle omstandigheden een goed zicht vóór en in de tunnel garanderen. We hebben daarin aanleiding gevonden, om na te gaan in welke mate de uitkomsten zouden worden verbeterd, als de helderheid van de inrijverlichting verhoogd werd van 65 k/m² tot 600 k/m². De resultaten van die

Fig. 4. De inrijverlichting van de Maastunnel te Rotterdam. De inrij- of drempelverlichting bestaat uit 5 lichtbanden op onderlinge afstanden van 6 m in het plafond. Aan de rechter-Maasoever, waar de tunnelmond op het Noord-Noordwesten ligt, bevindt de eerste lichtband zich op 15 m van de ingang; aan de linker-Maasoever met de ingang op het Zuid-Oosten bevindt hij zich 21 m daarvan verwijderd. De lichtbanden bevatten elk 9 naast elkaar gelegen armaturen met spiegelreflectoren, die het licht tegen de verkeersrichting in werpen. De gebruikte natriumlampen hebben een lichtstroom van 10 000 lumen. De inrijverlichting bestaat uit twee groepen, zodat desgewenst bij minder zonnig weer slechts de halve verlichting kan worden ontstoken. (Bij het nemen van de foto was de halve verlichting ingeschakeld.)

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

meting zijn in de bovenste helft van fig. 2 opgenomen. Men ziet dat reeds van het begin af een aanzienlijke verbetering optreedt.

De Maastunnel te Rotterdam

Reeds eerder merkten wij op, dat de enige grote verkeerstunnel in ons land een verlichting heeft die veel overeenkomst vertoont met die van de tunnel, waaraan we onze beschouwingen hebben vastgeknoopt.

Een uitvoerige beschrijving van de inrichting van de verlichting van deze tunnel is gegeven door Van Riemsdijk en Alpherts [4]).

Om een indruk te geven van het effect van de verlichting zijn een tweetal foto's (*figuren 3* en *4*) van deze tunnel in dit artikel opgenomen. Bij een proefrit door de tunnel bleek het, dat bij zonnig weer noch bij de Zuidelijke noch bij de Noordelijke inrit het zicht in de tunnel vóór het binnenrijden geheel bevredigend was. Zodra men in de tunnel was, werd het beter. Het gezichtscomfort kan echter ook daar nog niet groot genoemd worden.

De ervaring, dat het zicht vóór het binnenrijden van de tunnel niet geheel bevredigt, is in overeenstemming met de resultaten van de proeven die in fig. 2 zijn weergegeven. Gewoonlijk wordt een contrastgevoeligheid 40, onder de omstandigheden die zich hier voordoen, als de minimaal vereiste voor een redelijk gezichtscomfort beschouwd. Deze wordt de laatste 100 m vóór de tunnel en ook vooraan in de tunnel niet bereikt.

Uit fig. 2 kan men ook aflezen welke verhoging van de contrastgevoeligheid verwacht mag worden, indien men er toe zou overgaan bij de Maastunnel de helderheid van de inrijverlichting te verhogen tot 600 k/m^2. Hieruit mag niet worden afgeleid, dat we een zo sterke verhoging der helderheid noodzakelijk achten. De beslissing in deze hangt af van de eisen van gezichtscomfort die men wil stellen.

Indien de helderheid der inrijverlichting belangrijk moet worden verhoogd, kan dit bezwaarlijk geschieden door een versterking van de lichtbronnen van de kunstverlichting. Een tempering van het daglicht vóór de tunnelmond biedt in dat geval de aangewezen oplossing. Dit temperen van het daglicht kan op verschillende manieren geschieden. Het meest bekend is die waarbij de tunnel aan de inrijzijde wordt verlengd met een gedeelte waarvan het dak uit een constructie met „louvres" bestaat.

Bij het ontwerpen der plannen voor de Maastunnel is het aanbrengen van een dergelijke lichtdoorlatende dakconstructie over een lengte van ongeveer 100 m vóór de eigenlijke tunnel in overweging geweest [5]). Men heeft er toen van afgezien, o.a. terwille van aesthetische bezwaren.

---

[4]) A. H. B. van Riemsdijk en J. H. A. Alpherts, De electrische en de verlichtingsinstallatie van de Maastunnel, Electro-Techniek, **24**, 13-20 en 25-28, 1946.

[5]) A. H. B. van Riemsdijk en J. P. van Bruggen' Een verlichtingsprobleem, Polytechnisch Weekblad **28**, 188, 1934.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

EEN TELEVISIE-ONTVANGER MET GEPROJECTEERD BEELD

IV. DE APPARATUUR VOOR HET AFBUIGEN VAN DE ELECTRONENBUNDEL

door J. HAANTJES en F. KERKHOF. 621.397.62:537.533.72

In het Philips-ontvangtoestel voor projectie-televisie geschiedt het afbuigen van de electronenbundel in de kathodestraalbuis magnetisch. Hiervoor zijn twee generatoren van zaagtandvormige stroom nodig, één voor horizontale en één voor verticale afbuiging. Bij geïnterlinieerde aftasting is de frequentie van de verticale afbuiging gelijk aan de netfrequentie (50 of 60 per/sec). De frequentie van de horizontale afbuiging hangt mede af van het aantal lijnen waaruit een beeld bestaat, en is ca 10 000 to 16 000 per/sec. De zaagtandgeneratoren bestaan elk uit een voortrap en een eindtrap; de beide eindtrappen verschillen onderling aanzienlijk, als gevolg van het grote verschil in frequentie waarmee zij werken. Dit artikel beschrijft eerst de eindtrap voor de horizontale, dan die voor de verticale afbuiging, vervolgens de deflectiespoelen en ten slotte de voortrappen. De eindtrap voor de horizontale afbuiging bevat een „spaardiode", die een lineaire zaagtandvorm waarborgt en bovendien de energie welke bij maximale stroom in het magnetische veld der deflectiespoelen is opgehoopt, naar de voedingsbron terugleidt. Dank zij dit terugwinnen van energie, en dank zij ook het gebruik van magnetisch materiaal met geringe verliezen („Ferroxcube") kon het gelijkstroomvermogen van deze eindtrap worden beperkt tot 8 W. De eindtrap voor de verticale afbuiging is gekenmerkt door een voorgeschakeld corrigerend netwerk, dat uit de zaagtandvormige ingangsspanning een zodanig vervormde roosterspanning afleidt dat de afbuigstroom de juiste zaagtandvorm aanneemt, zonder dat de uitgangstransformator de zeer hoge zelfinductie behoeft te hebben die zonder dit netwerk zou zijn vereist. Een bijkomstig voordeel van de beschreven schakeling is dat zij tevens een verlaging van het opgenomen gelijkstroomvermogen mogelijk maakt, waardoor men in deze eindtrap met slechts 3 W kan volstaan. De deflectiespoelen zijn omwikkeld met ijzerdraad, doch overigens vrij van ijzer. De beide voortrappen zijn zelfblokkerende oscillatoren, die een zaagtandvormige spanning leveren en die worden bestuurd door de synchronisatiesignalen welke de zender uitzendt.

Inleiding

Bij alle huidige televisie-systemen geschiedt het aftasten in de zender en het schrijven van het beeld in de ontvanger volgens horizontale lijnen, die achtereenvolgens in de richting van boven naar beneden worden beschreven. Eveneens is het tegenwoordig algemeen gebruikelijk te werken met interliniëring, dwz. dat eerst een beeld wordt beschreven dat slechts uit lijnen met oneven rangnummer bestaat, vervolgens een beeld, gevormd door de daartussen gelegen even lijnen, dan weer een met oneven lijnen, enz. (Zulk een uit het halve aantal lijnen bestaand beeld zullen wij een partieel beeld noemen; een volledig beeld bestaat dus uit twee partiële beelden.) Het voordeel van geïnterlinieerd boven niet-geïnterlinieerd aftasten bestaat, kort gezegd, hierin dat bij het eerste, met een gegeven totaal aantal beeldlijnen, de helderheid van het beeld hoger kan worden opgevoerd voordat het flikkeren hinderlijk wordt [1]). De beide systemen zijn in *fig. 1* nog eens toegelicht.

In het zoëven aangehaalde artikel werd ook uiteengezet waarom het noodzakelijk is de frequentie van de verticale aftasting gelijk aan de netfrequentie te kiezen. Men werkt dan ook in

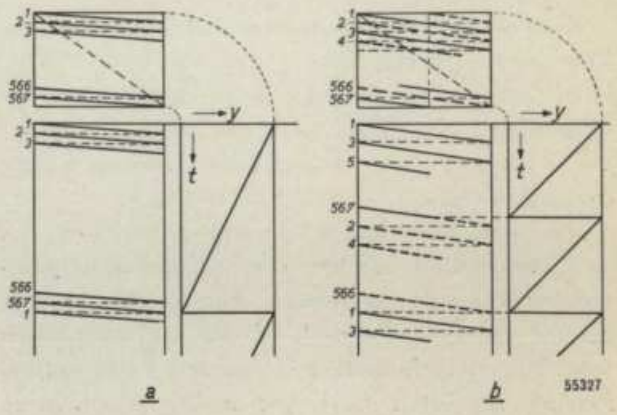


Fig. 1. *a*) Niet-geïnterlinieerde, *b*) geïnterlinieerde aftasting, met bijv. 567 beeldlijnen. Bij aftasting zonder interliniëring worden achtereenvolgens de lijnen 1, 2, 3, 4, . . . 566, 567, 1, 2, enz. beschreven. Bij geïnterlinieerde aftasting worden afwisselend alleen de oneven lijnen 1, 3, 5, . . . 567 en alleen de even lijnen 2, 4, . . . 566 (gestreept aangeduid) beschreven. Rechts in elk der figuren is de verticale uitslag *y* als functie van de tijd *t* uitgezet; bij *b*) is de frequentie van het verticale aftasten tweemaal zo hoog als bij *a*). De terugslagtijd van de lichtvlek is oneindig kort ondersteld.

[1]) J. van der Mark, Televisie, Philips techn. T. **1**, 325-330, 1936.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

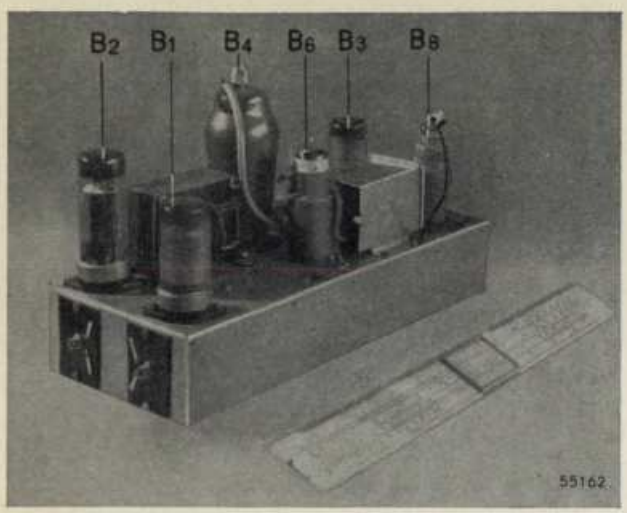
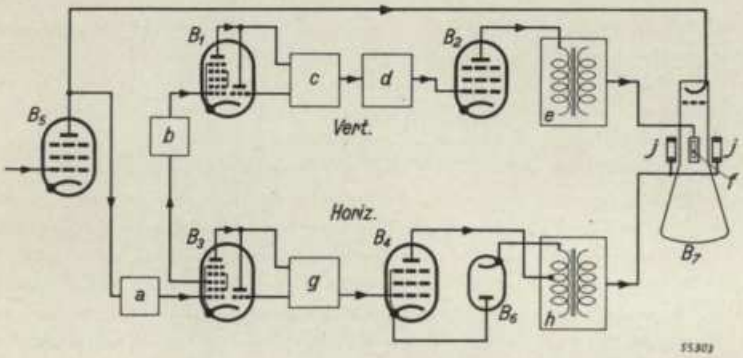


Fig 2. *Links:* Chassis met synchronisatie- en afbuigapparatuur van de Philips-ontvanger voor projectie-televisie; *beneden:* blokschema er van (inclusief de eindbuis B_5 van de video-ontvanger en de kathodestraalbuis B_7).
Horizontale afbuiging. Voortrap: triode-gedeelte van B_3 met netwerk *g*. Eindtrap: penthode B_4, diode B_6, transformator *h*, afbuigspoelen *j*.
Verticale afbuiging. Voortrap: triode-gedeelte van B_1, met netwerk *c*. Eindtrap: corrigerend netwerk *d*, penthode B_2, transformator *e*, deflectiespoelen *f*.
Synchronisatie. Uit de synchronisatiesignalen leiden de netwerken *a* en *b*, in combinatie met de heptode-gedeelten van B_3 en B_1, spanningen af die de voortrappen synchroniseren.
Buizen: B_1 en B_3 = heptode-triode ECH 21, B_2 = penthode EBL 21, B_4 = penthode EL 50, B_6 = diode EA 40, B_8 = triode EBC 3 (de functie van B_8, die in dit artikel verder niet ter sprake komt en in fig. 2*b* is weggelaten, is, bij een defect in de afbuigapparatuur de straalstroom in de kathodestraalbuis te onderdrukken, om te voorkomen dat de stilstaande of slechts een lijn beschrijvende lichtvlek het luminescerende scherm zou beschadigen).
Voeding: 350 V gelijkspanning, ca 15 W (inclusief verbruik van voortrappen en synchronisatie).
Afmetingen: grondvlak 11,5 cm × 29 cm, hoogte 18 cm.



Europa met 50, in Amerika met 60 partiële beelden per seconde.

Het aantal lijnen per volledig beeld loopt in de verschillende landen nogal uiteen: de Engelse televisie werkt met 405 lijnen, de Franse met 455, de Amerikaanse met 525, en de experimentele zender te Eindhoven met 567.

Volgens het Engelse systeem bijv. moeten in ieder partieel beeld, dat $^1/_{50}$ seconde duurt, $202^1/_2$ lijnen worden geschreven. De frequentie van de lijnaftasting bedraagt daar dus $202^1/_2 \times 50 = 10125$ per/sec. Bij de Amerikaanse televisie is deze frequentie $(525/2) \times 60 = 15750$ per/sec.

Het afbuigen van de electronenbundel in een kathodestraalbuis, op het scherm waarvan het televisiebeeld wordt geschreven, kan geschieden met behulp van een electrisch of van een magnetisch veld. In een vorig artikel [2]) van deze reeks werden redenen opgesomd die er toe hebben geleid, in de projectiebuis MW6-2 magnetische afbuiging toe te passen, zowel voor de horizontale als voor de verticale richting. Het ontvangtoestel moet dus voorzien zijn van twee generatoren van zaagtandvormige stroom, de ene met de netfrequentie, de andere met een frequentie in de orde van 10 000 per/sec.

De beide zaagtandgeneratoren moeten volkomen synchroon en gelijk in fase lopen met de overeenkomstige generatoren in de zender, die het op te nemen beeld doen aftasten. Te dien einde worden, zoals vroeger reeds in dit tijdschrift beschreven [3]), synchronisatiesignalen uitgezonden.

In *fig. 2* geven wij een foto en het blokschema van de synchronisatie- en deflectie-apparatuur die wordt gebruikt in het Philips-ontvangtoestel voor projectie-televisie. De kathodestraalbuis is voorzien van twee paren afbuigspoelen: *f* voor de verticale, *j* voor de horizontale afbuiging. Elk der spoelenparen wordt over een transformator gevoed met een zaagtandstroom. Deze wordt opgewekt met een zaagtandspanning, welke afkomstig is van een relaxatie-oscillator. Deze laatste bestaat uit een netwerk (*c*, resp. *g*), in combinatie met het triode-gedeelte van de buis B_1, resp. B_3. De eindbuis (B_5) van de eigenlijke televisie-ontvanger levert haar uitgangssignaal enerzijds rechtstreeks aan de ka-

[2]) J. de Gier, Een televisie-ontvanger met geprojecteerd beeld, II. De kathodestraalbuis, Philips techn. T. **10**, 129-136, 1948 (No. 5).

[3]) Televisie-ontvangtoestellen, Philips techn. T. **4**, 358-366, 1939.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

thodestraalbuis, waarin dit signaal de stroomsterkte moduleert overeenkomstig de helderheid der beeldpunten. Anderzijds levert de buis B_5 synchronisatiesignalen aan de heptode-gedeelten van B_3 en B_1; deze gedeelten zijn gekoppeld met de triode-gedeelten en besturen aldus de relaxatietrillingen dezer laatsten.

In het onderstaande behandelen wij achtereenvolgens de eindtrap voor de horizontale afbuiging (van buis B_4 tot spoelen j, fig. 2), de eindtrap voor de verticale afbuiging (van netwerk d tot spoelen f), de deflectiespoelen en de beide voortrappen (netwerken c en g met de bijbehorende trioden). De synchronisering komt in een volgend artikel ter sprake.

De eindtrap voor de horizontale afbuiging

Er bestaan verscheidene methoden om in de afbuigspoelen een zaagtandvormige stroom op te wekken. Een voor de hand liggende, en ook wel gebruikte, schakeling is die volgens *fig. 3*, waarin de spoelen over een transformator zijn gekoppeld met de anodekring van een penthode. Aan het

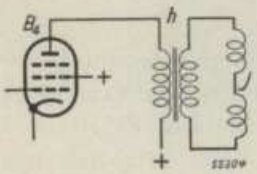


Fig. 3

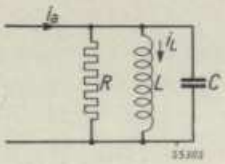


Fig. 4

Fig. 3. Deflectiespoelenpaar dat over een transformator is gekoppeld met de anodekring van een penthode. Letters als in fig. 2.

Fig. 4. Vervangschema voor de schakeling van fig. 3. L = zelfinductie, gevormd door de parallelschakeling van de primaire zelfinductie van de transformator en de naar de primaire zijde getransformeerde zelfinductie der afbuigspoelen, C = som van anode- en wikkelcapaciteit, R = verliesweerstand, i_a = anodestroom, i_L = stroom in de zelfinductie.

stuurrooster van deze penthode wordt een zaagtandspanning toegevoerd.

Voor deze schakeling geldt het vervangschema *fig. 4*. Hierin bestaat de zelfinductie L uit de parallelschakeling van de zelfinductie der primaire transformatorspoel en de naar de primaire zijde getransformeerde zelfinductie der afbuigspoelen. De capaciteit C is de som van de capaciteit van de transformatorwikkelingen en die van de anode. De weerstand R vertegenwoordigt de inwendige weerstand van de buis en de verliezen van de transformator.

De aldus gevormde trillingskring met paralleldemping wordt gevoed met een stroom i_a, die gelijkvormig is met de zaagtandspanning op het rooster; i_a neemt dus telkens lineair van nul tot een zekere maximumwaarde toe, springt dan naar nul terug (in een tijd die wij hier eenvoudigheidshalve zullen verwaarlozen), enz. De vraag is nu, hoe het verloop van de stroom i_L in de spoel zal zijn; deze stroom immers verwekt het magnetische afbuigveld.

Zonder hier het verloop van i_L in detail na te gaan, kunnen wij opmerken dat iedere sprong in i_a de trillingskring zal aanstoten (zie *fig. 5* en het bijbehorende onderschrift). Is deze kring minder dan critisch gedempt, dan zullen de trillingen, die van dit aanstoten het gevolg zijn, het lineaire verloop van i_L verstoren (fig. 5*d*). Het is dus nodig, de demping minstens de critische waarde te geven. Sterkere demping dan de critische is echter niet gewenst, daar dan i_L de sprong in i_a slechts langzaam volgt (fig. 5*f*) en derhalve de terugslagtijd van de lichtvlek onnodig lang wordt. De gunstigste toestand is die van critische demping, waar-

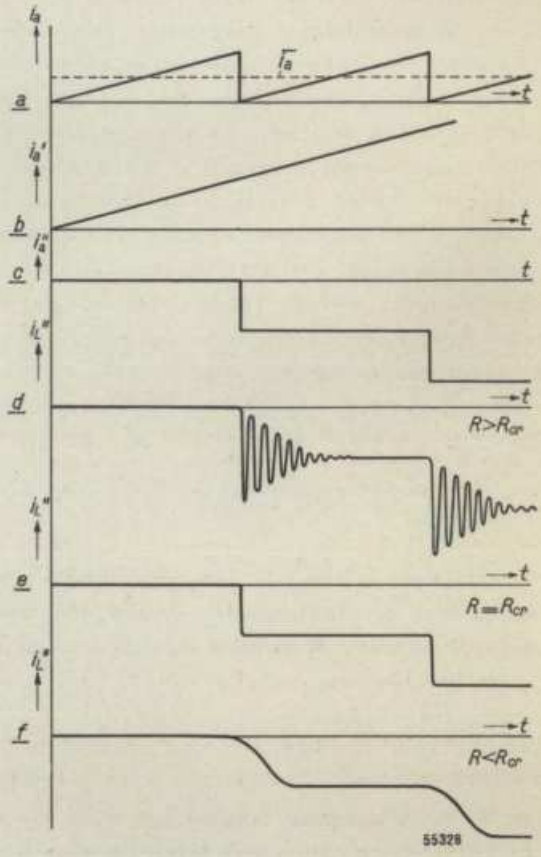


Fig. 5. Vorm van de stromen in het schema fig. 4 als functie van de tijd t. De zaagtandvormige anodestroom i_a (*a*) kan men samengesteld denken uit een voortdurend lineair oplopende stroom i_a' (*b*) en een trapsgewijs dalende stroom i_a'' (*c*). De stroom i_a' veroorzaakt in L een eveneens voortdurend lineair stijgende stroom i_L' (hier niet getekend). De sprongen in i_a'' stoten de L-C-kring aan, waarbij in L een stroom i_L'' optreedt, die, al naar de mate van demping, de bij *d*, *e* of *f* getekende gedaante heeft. Bij *d* is de demping te klein ($R >$ de critische waarde R_{cr}), bij *f* is zij te groot ($R < R_{cr}$), bij *e* is $R = R_{cr}$, wat de gunstigste toestand oplevert. De totale stroom i_L verkrijgt men door bij i_L'' de stroom i_L' op te tellen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

voor R de waarde R_{cr} moet hebben, gegeven door

$$R_{cr} = \tfrac{1}{2}\sqrt{\frac{L}{C}}.$$

Daar gewoonlijk $R > R_{cr}$, kan men de toestand van critische demping bereiken door opzettelijk een dempweerstand parallel op de transformator aan te brengen.

Bij critische demping duurt de sprong in i_L ruim één trillingstijd T_0 van de ongedempte kring ($T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$). Nu is bij iedere televisiezender een bepaalde duur voor de terugslag beschikbaar; bij de verschillende zenders varieert deze duur van 15 tot 11% van de tijd waarin een lijn wordt geschreven. Het is niet altijd gemakkelijk L en C zo te kiezen dat T_0 korter wordt dan de beschikbare tijd: L ligt namelijk min of meer vast door de gewenste frequentie en amplitude van de zaagtandstroom, en C is naar beneden begrensd door de onvermijdelijke parasitaire capaciteiten.

Een ander bezwaar is, dat iedere periode opnieuw de magnetische energie die aan het einde van de heenslag in de afbuigspoelen is opgehoopt, in een weerstand wordt omgezet in warmte, en dit gebeurt hier, bij de horizontale afbuiging, in de orde van 10 000 maal per seconde. Dit betekent dat een aanzienlijk gelijkstroomvermogen aan de anodekring moet worden toegevoerd, dus dat een kostbare voedingsgelijkrichter en een penthode van groot vermogen nodig zijn.

Een geringe verbetering in dit opzicht kan men bereiken door in serie met de dempweerstand een capaciteit van een geschikte waarde te schakelen. Afdoende is dit middel echter geenszins.

Veel gunstiger is dan ook een schakeling waarbij de energie van de afbuigspoelen grotendeels wordt teruggewonnen. Wij zullen nu zulk een schakeling gaan beschouwen.

Terugwinnen van de energie die in de deflectiespoelen is opgehoopt

Dat bij de schakeling volgens fig. 3 de energie van de afbuigspoelen bij iedere terugslag als warmte verloren gaat, is in wezen te wijten aan het feit dat de primaire stroom van de transformator over een ventiel (de penthode B_4) wordt toegevoerd. Dientengevolge heeft deze stroom immers een gelijkstroomcomponent (i_a in fig. 5*a*), zodat, bij een voedingsspanning V_b, een vermogen $i_a V_b$ wordt gedissipeerd. Voor de secundaire zaagtandstroom — waar het om te doen is — heeft de primaire gelijkstroomcomponent geen betekenis en mag dus $i_a = 0$ zijn. Als men dit kon verwezenlijken, zou i_a een zuivere wisselstroom zijn en zou de energie die gedurende de ene halve periode aan de deflectiespoelen wordt geleverd, even groot zijn als de energie die deze spoelen gedurende de andere halve periode aan de voedingsbron teruggeven. Gemiddeld was dan het energieverbruik nul.

Bij het volgende gedachtenexperiment (met spoelen zonder weerstand) wordt deze toestand bereikt. Men beschouwe *fig. 6*, waarin is voorgesteld hoe in een deflectiespoel L (met eigencapaciteit C) een zaagtandstroom kan worden opgewekt door haar over een schakelaar periodiek met een batterij te verbinden.

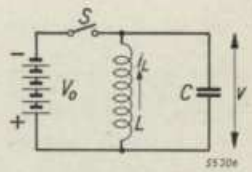


Fig. 6. Door de schakelaar S periodiek op de juiste ogenblikken te sluiten en te openen, kan men in de spoel met zelfinductie L een zaagtandstroom opwekken. V_0 = batterijspanning, C = eigencapaciteit, v = spanning aan de spoel.

Zolang de schakelaar gesloten is, neemt de stroom i_L in de (voorlopig verliesvrij onderstelde) spoel lineair met de tijd t toe volgens $di_L/dt = V_0/L$ (V_0 = batterijspanning). Als i_L op het tijdstip $t = t_1$ de waarde I_L bereikt die voor de maximale afbuiging nodig is, wordt de schakelaar geopend. In de kring L-C ontstaat nu een ongedempte trilling, waarvan de begintoestand is gegeven door de stroom I_L in de spoel en de spanning $-V_0$ op de condensator. De stroom en de spanning verlopen nu volgens onderling 90° verschoven sinusfuncties met de tijd (*fig. 7*), totdat na iets meer dan een halve periode van deze trilling, bij $t = t_2$, de spanning weer $-V_0$ is geworden; de stroom is nu $-I_L$. Op dit ogenblik sluiten wij de schakelaar opnieuw. Weer is nu het stroomverloop bepaald door $di_L/dt = V_0/L$, tot de stroom de waarde $+ I_L$ bereikt en de schakelaar weer wordt geopend, enz.

Aldus ontstaat een zaagtandvormig stroomverloop (fig. 7*b*), met lineair stijgende en sinusvormig dalende takken. In de ene halve periode van i_L wordt evenveel lading aan de spanningsbron onttrokken als er in de andere helft aan wordt toegevoerd. Gemiddeld over een periode geeft de batterij dus geen energie af — zoals ook was te verwachten in een schakeling die geen energie dissipeert. Heeft de spoel wèl verliezen, dan moet de batterij natuurlijk het hiermee corresponderende vermogen leveren. De hoofdzaak blijft

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

echter dat de kringenergie hier niet in een dempweerstand verloren gaat, doch aan de batterij (of aan de energiebron die daarvoor in de plaats treedt) ten goede komt.

Zoals gezegd, neemt de terugslag hier ongeveer een halve periode van de eigentrilling in beslag, zodat in dit opzicht, in vergelijking met de schakeling van fig. 3, in de duur van de terugslag een factor 2 is gewonnen.

Een derde punt waarop de schakeling van fig. 6 zich gunstig onderscheidt, is het feit dat het gesloten zijn van de schakelaar het optreden van trillingen gedurende de slag uitsluit, zodat (althans bij een spoel zonder weerstand) een zuiver lineair oplopen van de stroom is verzekerd.

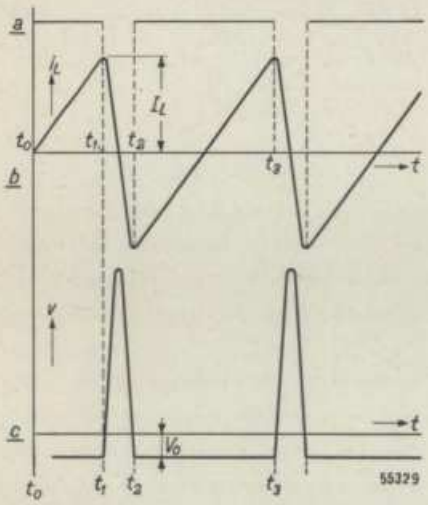


Fig. 7. *a*) De rechte lijn stelt het gesloten zijn, de onderbrekingen het open zijn van de schakelaar S (fig. 6) voor. *b*) Verloop van de stroom i_L in L, *c*) verloop van de spanning v aan L.

Spaardiode

De vraag is nu echter, hoe een schakelaar kan worden verwerkelijkt die telkens gedurende de heenslag (t_2-t_3, fig. 7) gesloten is (voor twee stroomrichtingen) en gedurende de terugslag (t_1-t_2) open.

In *fig. 8* is een schakeling weergegeven die het geïdealiseerde geval van fig. 6 benadert. Als schakelaar doet hier voor de ene stroomrichting een penthode dienst (evenals vroeger bestuurd met een zaagtandspanning), voor de andere richting een diode, waarvan de anode aan een geschikt gekozen punt van de anodebatterij is gelegd. De werking is als volgt (zie *fig. 9*).

Vangen wij de beschouwing aan op een ogenblik waarop de penthode stroom doorlaat. Zij werkt, naar wij voorlopig aannemen, in een gebied der karakteristieken waarin de anodestroom gedurende een gedeelte van de periode is afgeknepen en gedurende het overige gedeelte lineair oploopt (fig. 9*e*). De weerstand der spoel zij voorlopig verwaarloosd. Dan is de spanning v aan de spoel constant $= V_b - V_a$ (V_a = anodespanning van de penthode), de condensatorstroom i_C is nul, de stroom i_L in de spoel

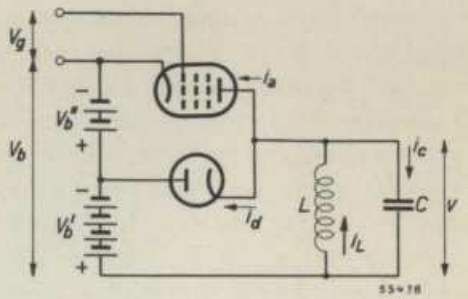


Fig. 8. De schakelaar S (fig. 6) kan worden gerealiseerd door een penthode en een diode in de weergegeven schakeling. De diode laat telkens de energie die in het magnetische veld van de spoel was opgehoopt, terugvloeien naar het gedeelte V_b' van de batterij; het gedeelte V_b'', waarvan de spanning gelijk is aan de anodespanning V_a van de penthode, levert de energie die in de penthode verloren gaat.

is gelijk aan i_a en groeit lineair met de tijd aan. Dit duurt voort tot er een sprong in de zaagtandvormige roosterspanning optreedt ($t = t_1$); i_a wordt dan afgeknepen en de kring, gevormd door de spoel en haar eigencapaciteit, komt in trilling (fig. 9), op analoge wijze als wij in fig. 7 zagen.

De anodespanning loopt hierbij tot een hoge positieve waarde op. Om de buis desondanks afgeknepen te houden, is op de zaagtandvormige roos-

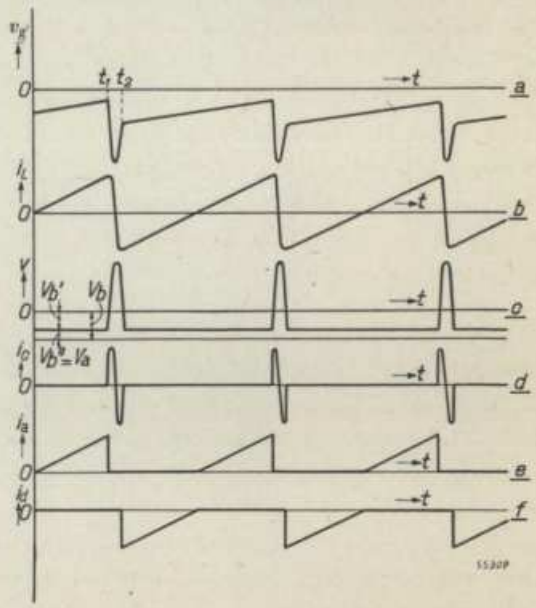


Fig. 9. Spanningen en stromen in de schakeling volgens fig. 8. *a*) Spanning v_g op het stuurrooster: negatieve voorspanning plus zaagtandspanning plus, tijdens de terugslag, negatieve piek. *b*) Stroom i_L in L. *c*) Spanning v aan L. *d*) Stroom i_C door C. *e*) Anodestroom i_a van de penthode. *f*) Stroom i_d door de diode.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

terspanning een negatieve piek gesuperponeerd (fig. 9*a*). Hoe de piek wordt opgewekt, komt ter sprake bij de beschrijving van de voortrap.

Bij $t = t_2$, iets meer dan een halve periode van de eigentrilling na t_1, bereikt de spanning v aan de kring de waarde $V_b - V_a$ weer (fig. 9*c*). Nu wordt de diode geleidend, want de aftakking waarmee deze is verbonden, is zo gekozen dat zij juist de spanning $V_b'' = V_a$ heeft ten opzichte van de negatieve pool der anodebatterij. De inmiddels van richting omgekeerde stroom i_L vloeit nu door de diode, zodat het gedeelte V_b' van de voedingsbron dat tussen de aftakking en de positieve pool ligt, energie terugkrijgt. Heeft de diode een verwaarloosbare inwendige weerstand, dan ligt, zolang zij stroom doorlaat, een even grote spanning $V_b' = V_b - V_a$ aan de spoel als het geval was toen de penthode voor de stroomdoorgang zorgde. In beide gevallen zal de stroom dus aangroeien volgens $di_L/dt = V_b'/L$.

De voorspanning op het stuurrooster van de penthode is zo ingesteld, dat, zodra de diodestroom nul is geworden, de penthode weer opengaat, waarna het spel zich herhaalt. Het verloop van diverse stromen en spanningen in de schakeling vindt men voorgesteld in fig. 9*a-f*.

Inderdaad is hier dus bereikt dat door de primaire van de transformator een zuivere wisselstroom loopt, evenals door het gedeelte V_b' van de batterij. In iedere periode ontvangt dit gedeelte dus evenveel energie als het afgeeft. Het andere gedeelte, met de spanning V_b'', levert de energie die in de penthode verloren gaat.

De functie van de diode is feitelijk tweeledig. In de eerste plaats geeft zij de kringenergie gelegenheid naar de voedingsbron terug te vloeien; dit komt uiteraard aan het rendement van de schakeling ten goede (vandaar de naam spaardiode). Ten tweede garandeert de diode, zolang zij geleidend is, een constante spanning aan de spoel, dus afwezigheid van trillingen. Volgens fig. 9*f* beslaat echter het interval waarin de diode geleidt, slechts de helft van de heenslag. Op eenvoudige wijze kan men hierin nog verbetering brengen, waardoor de diode gedurende de gehele heenslag geleidend blijft. Hiertoe behoeft men slechts de voorspanning van de penthode zo in te stellen dat de penthode iets eerder opengaat dan in fig. 9*e* is aangegeven. Men krijgt dan de toestand die door *fig. 10* wordt verduidelijkt: van $t = t_2$ tot $t = t_a$ is alleen de diode geleidend, dus $i_L = i_d$ (beide negatief, als we de in fig. 8 aangegeven stroomrichtingen positief noemen). Bij $t = t_a$ begint ook (positieve) stroom i_a door de penthode te lopen; voor het lineair aangroeien van $i_L = i_a + i_d$ vormt i_a een teveel, dat echter door i_d, die nu niet nul wordt, wordt gecompenseerd. Zolang i_d van nul verschilt, heerst er aan de spoel de constante spanning V_b' en is derhalve een lineair verloop van i_L verzekerd. Als i_a maar niet te klein is, doet het

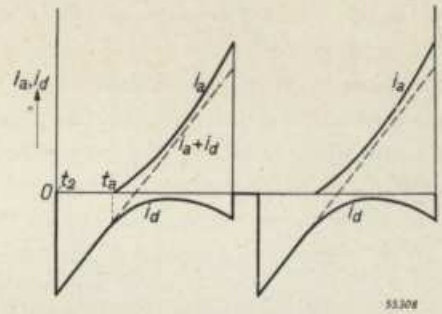


Fig. 10. Door i_a vroeger te laten beginnen dan in fig. 9*e* is aangegeven, krijgt men een verloop van i_a als hier is voorgesteld. Het gevolg van het „teveel" aan i_a is, dat gedurende de gehele heenslag i_d blijft vloeien en $i_a + i_d$ lineair blijft oplopen.

verloop van i_a er overigens weinig toe; de penthodekarakteristieken behoeven dan ook geenszins lineair te zijn (zoals boven werd aangenomen) en evenmin komt de krommevorm van v_g er bijzonder op aan. Voor de praktijk zijn dit niet te onderschatten voordelen.

Niettemin heeft de schakeling een bezwaar waardoor zij voor de practijk nog niet geschikt is. In werkelijkheid zal men namelijk geen batterij gebruiken, doch een gelijkrichter. Voor het maken van de aftakking is dan een potentiometer van weerstanden nodig; deze weerstanden moeten betrekkelijk laag zijn, wil de potentiaal van de aftakking voldoende vastliggen. Het vermogen dat

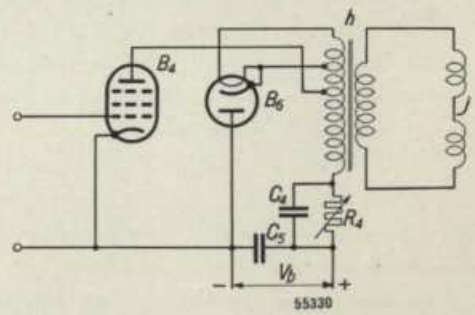


Fig. 11. Variant op de schakeling van fig. 8. Op de voedingsspanning (V_b), die hier door een gelijkrichter wordt geleverd, is geen aftakking meer nodig. Deze schakeling wordt toegepast in het Philips-ontvangtoestel voor projectie-televisie. R_4 = regelbare weerstand ter instelling van de beeldbreedte. C_4, C_5 = afvlakcondensatoren. Overige letters als in fig. 2.

in deze weerstanden verloren gaat, zou de behaalde rendementsverbetering grotendeels teniet doen. Men zou dit kunnen vermijden door twee gelijkrichters in serie te schakelen (waarvan dan degene met de

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

spanning V_b' geen vermogen behoeft te leveren), doch dit is uiteraard vrij omslachtig.

Fig. 11 toont de oplossing die wij voor deze moeilijkheid hebben gevonden. De diode is hier aangesloten tussen de negatieve pool van de anodespanningsbron en het einde van de verlengde primaire wikkeling op de transformator. Het verlengstuk is zo gedimensionneerd dat er juist de spanning V_a in wordt geïnduceerd als aan de oorspronkelijke primaire spoel de spanning V_b' heerst. De schakeling is dus gelijkwaardig met die van fig. 8, zonder dat een aftakking op de voedingsbron nodig is.

Afwijking van de lineariteit ten gevolge van weerstand van de spoelen

In het bovenstaande hebben wij voortdurend de weerstand van de afbuig- en de transformatorspoelen verwaarloosd. In werkelijkheid hebben deze spoelen een zekere weerstand; als gevolg hiervan zal bij het aanleggen van een gelijkspanning de stroom i_L niet een lineair, doch een exponentieel verloop vertonen, waarbij di_L/dt gedurende de heenslag afneemt. Een maat voor de afwijking van de lineariteit is de relatieve daling p van di_L/dt gedurende de heenslag.

Denken wij de transformator en de afbuigspoelen vervangen door de serieschakeling van een zelfinductie L en een weerstand r, dan volgt uit een eenvoudige berekening dat bij benadering geldt:

$$p = \frac{r}{f_h L},$$

waarin f_h de frequentie van de horizontale afbuiging is.

Laat men bijv. toe: $p = 0{,}1$ (dus 10% daling in snelheid van de lichtvlek tijdens het schrijven van een lijn, wat nog niet storend is), dan moet dus bij $f_h = 15\,000$ per/sec, $r/L < 1500$ sec^{-1} zijn. Aan deze voorwaarde is zonder veel moeite te voldoen.

Practische uitvoering

De penthode moet een hoge positieve anodespanning kunnen verdragen, die tijdens de terugslag wel tot 4000 V kan oplopen [4]). Om deze reden wordt de penthode type EL 50 gebruikt, die van een topaansluiting voor de anode is voorzien.

De spaardiode krijgt een ongeveer even hoge, doch negatieve anodespanning te verduren en moet bovendien een lage inwendige weerstand bezitten. Hierbij komt nog de volgende moeilijkheid wat het gloeidraadverbruik betreft. Men kan de gloeidraad niet voeden uit een op het net aangesloten transformator, aangezien er dan een ontoelaatbare capaciteit parallel op de transformator (h, fig. 11) zou komen te staan, die de terugslagtijd zou verlengen. Daarom is de in fig. 11 reeds aangegeven oplossing gekozen, waarbij een extra-wikkeling op de transformator h de gloeidraad voedt; dit betekent echter dat voor de gloeidraad slechts een zeer beperkt vermogen beschikbaar is.

Daar er geen diode bestond die in al deze opzichten voldeed, is er een nieuw type ontwikkeld (EA 40), waarvan de gloeidraad slechts 1,4 W verbruikt en dat ook aan de overige eisen beantwoordt.

De transformator die de afbuigspoelen met de anodekring koppelt, is voorzien van een kern van het niet-metallische materiaal „Ferroxcube" [5]), dat een hoge permeabiliteit heeft en waarvan de verliezen zeer klein zijn. Ook dit draagt er toe bij, het opgenomen vermogen laag te houden.

In serie met de primaire van de transformator is een door een condensator overbrugde regelbare weerstand opgenomen (fig. 11). Hierin gaat een regelbaar gedeelte van de voedingsspanning V_b verloren; de overblijvende spanning bepaalt de amplitude van de zaagtandstroom, en daarmee dus de breedte van het beeld op het scherm van de kathodestraalbuis. (Opgemerkt zij dat men de amplitude van de zaagtandstroom hier niet kan regelen met de grootte van de zaagtandspanning op het stuurrooster!)

Dank zij het besproken besparingsprincipe en de lage verliezen is het vermogen waarvoor de eindtrap en het voedingsapparaat moeten zijn gedimensionneerd, zeer gering: voor de volle beeldbreedte (ca 46 mm) en $f_h \approx 15\,000$ per/sec is het stroomverbruik (inclusief schermroosterstroom) 23 mA, bij een voedingsspanning van 350 V. Dit komt overeen met een vermogen van 8 W, hetgeen gunstig afsteekt bij het vermogen van omstreeks 30 W dat zonder spaardiode nodig zou zijn.

De eindtrap voor de verticale afbuiging

Wij hebben gezien dat de waarde van r/L bij de spoelen voor de horizontale deflectie ca 1500 sec^{-1} bedraagt. Bij de frequentie der lijnaftasting (10 000 per/sec en hoger) betekenen deze spoelen een in hoofdzaak inductieve belasting van de anodekring waarmee zij zijn gekoppeld. Het spoelenpaar voor de verticale afbuiging zal in het algemeen een waarde

[4]) Hoe zulke hoge spanningen ontstaan, is verklaard in het vorige artikel van deze reeks: G. J. Siezen en F. Kerkhof, Een televisie-ontvanger met geprojecteerd beeld, III. De apparatuur voor het opwekken van 25 kV anodespanning, Philips techn. T. **10**, 157-166, 1948 (No. 6), in het bijzonder blz. 158.

[5]) J. L. Snoek, Niet-metallisch magnetisch materiaal voor hoge frequenties, Philips techn. T. **8**, 353-360, 1946.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

van r/L in dezelfde orde van grootte hebben, maar de frequentie is hier zo laag (50 of 60 per/sec) dat de spoelen zich hoofdzakelijk als een weerstand gedragen; dwz. de energie die bij maximale stroom in het magnetische veld is opgehoopt, is klein ten opzichte van de energie die gedurende een periode in de weerstand van de spoelen verloren gaat. Het heeft hier dan ook weinig zin te trachten de veldenergie terug te winnen.

Het laag zijn van de frequentie der verticale afbuiging brengt een moeilijkheid mee die zich bij de lijnaftasting niet voordeed. Ter toelichting diene het vervangschema (*fig. 12*) van de anodekring der

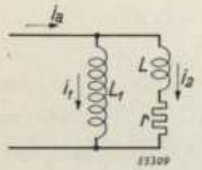


Fig. 12. Vervangschema (bij lage frequenties) voor de anodekring van een penthode die over een transformator de spoelen voor de verticale deflectie voedt. i_a = anodestroom, L_1 = zelfinductie van de primaire transformatorspoel, L en r = naar de primaire zijde getransformeerde zelfinductie en weerstand van de afbuigspoelen.

penthode, die over een transformator de spoelen voor de verticale deflectie voedt. L en r stellen de naar de primaire zijde getransformeerde zelfinductie en weerstand van de afbuigspoelen voor; L_1 is de zelfinductie van de primaire transformatorspoel. Eigencapaciteit der spoelen kan hier, wegens de lage frequentie, buiten beschouwing blijven. De parallelschakeling wordt gevoed met een stroom i_a, die een lineaire zaagtandvorm vertoont.

Definiëren we op dezelfde wijze als vroeger een grootheid p om aan te geven hoeveel de stroom i_2 in de tak L-r van de lineariteit afwijkt, dan vindt men op eenvoudige wijze de betrekking

$$\frac{r}{L_1 + L} = p\, f_v,$$

als f_v = frequentie der verticale afbuiging. Met f_v bijv. 50 per/sec en $p = 0{,}1$, betekent dit dat $r/(L_1 + L)$ kleiner dan 5 sec^{-1} moet zijn. Nu is voor een goede aanpassing bij de buis een waarde van r vereist die minstens 5000 Ω bedraagt. Dus moet $L_1 + L > 1000$ H zijn. De waarde van L is slechts enkele H, zodat de primaire zelfinductie zeer groot moet zijn, wat slechts met een kostbare transformator zou zijn te realiseren.

Om aan dit bezwaar te ontkomen, past men wel de volgende methode toe. In plaats van de transformator gebruikt men een smoorspoel, waaraan de deflectiespoelen, in serie met een blokkeringscondensator, zijn parallelgeschakeld. De smoorspoel geeft men dezelfde waarde van r/L als de deflectiespoelen, zodat de stroomvorm in beide takken gelijk is (afgezien van de gelijkstroom, die alleen door de smoorspoel loopt), en dus ook gelijk aan die van i_a. Bij deze methode moeten echter de afbuigspoelen een hoge impedantie hebben, ter wille van de aanpassing; zij moeten dus bestaan uit vele windingen van dun draad. Dit is niet alleen vrij duur, maar uit fabricageoogpunt ook verwerpelijk wegens de kans op draadbreuk. Een verder nadeel van afbuigspoelen met hoge impedantie is o.a. de hoge spanning die over de spoelen optreedt.

Corrigerend netwerk

In de schakeling die wij toepassen, wordt een transformator met veel lagere zelfinductie gebruikt; de grote afwijking in de lineariteit van i_L, die hiervan het gevolg zou zijn, wordt gecorrigeerd door een netwerk dat de ingangsspanning op een bepaalde wijze vervormt. Dit netwerk (*d*, fig. 2) kan bestaan uit twee condensatoren en een weerstand (C_1, C_2, R_1), die op de in *fig. 13* aangegeven wijze zijn geschakeld. Aan welke voorwaarden C_1, C_2 en R_1 moeten voldoen opdat i_L dezelfde vorm aanneemt als de (zaagtandvormige) ingangsspanning v_1, wordt hieronder afgeleid.

Voor de genoemde gelijkvormigheid is nodig dat de Fourier-reeks waarin men i_L, en die waarin men v_1 kan ontwikkelen, term voor term in amplitude slechts een constante factor verschillen, en term voor term dezelfde fasehoek bevatten.

Voor een willekeurige harmonische, met de hoekfrequentie ω, geldt in de roosterkring, zoals een eenvoudige berekening leert:

$$V_2' = \frac{1 + j\omega C_1 R_1}{1 + j\omega(C_1 + C_2)R_1}\, V_1' \quad \ldots\ (1)$$

en in de anodekring:

$$I_L' = \frac{j\omega L_1}{r + j\omega(L_1 + L)}\, I_a', \quad \ldots\ (2)$$

als V_2', V_1', I_L' en I_a' de amplituden van de beschouwde harmonische van v_2, v_1, i_L, resp. i_a, aanduiden. Voorts is

$$I_a' = SV_2' \quad \ldots\ (3)$$

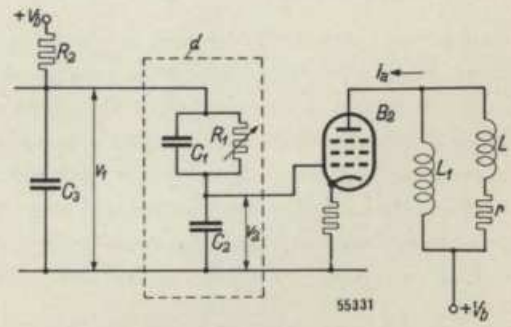


Fig. 13. d = corrigerend netwerk, bestaande uit de vaste condensatoren C_1 en C_2 en de instelbare weerstand R_1. Het bevindt zich tussen de voortrap en de eindtrap voor de verticale afbuiging. C_3 en R_2 behoren tot de voortrap, B_2, L_1, L en r (vgl. fig. 12) tot de eindtrap.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

(S = steilheid van de penthode B_2). Elimineert men V_2' en I_a' uit (1), (2) en (3), dan komt er:

$$I_L' = \frac{j\omega L_1 - \omega^2 L_1 C_1 R_1}{j\omega\{L_1 + L + (C_1+C_2)R_1 r\} - \omega^2\{(L_1+L)(C_1+C_2)R_1 + r} S V_1', \quad (4a)$$

hetgeen wij als volgt kunnen schrijven:

$$I_L' = \frac{ja\omega - b\omega^2}{jc\omega - d\omega^2 + r} S V_1' \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4b)$$

Indien de breuk in (4b) een van ω onafhankelijke en reële uitdrukking was, zou voor alle harmonischen de gewenste gelijkheid van fase en evenredigheid van amplitude bestaan. Evenwel, de term r in de noemer staat hieraan in de weg. De eerste voorwaarde om ons doel te kunnen bereiken, is dus dat r te verwaarlozen moet zijn ten opzichte van de andere termen in de noemer. Waartoe deze voorwaarde leidt, zal aanstonds blijken; wij nemen voorlopig aan dat men r mag weglaten. De dan overblijvende breuk wordt inderdaad onafhankelijk van ω en reëel, als

$$a:c = b:d,$$

d.i., als

$$\frac{L_1}{L_1 + L + (C_1+C_2)R_1 r} = \frac{L_1 C_1 R_1}{(L_1+L)(C_1+C_2)R_1}, \quad . \quad (5)$$

of

$$\frac{C_2}{C_1(C_1+C_2)R_1} = \frac{r}{L_1+L} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

C_1, C_2 en R_1 moeten dus zo worden gekozen dat aan (6) is voldaan.

Stellen we $a/c = b/d = 1/q$, dan is (4b) als volgt te schrijven:

$$I_L' = \frac{ja\omega - b\omega^2}{q(ja\omega - b\omega^2) + r} S V_1'.$$

r mogen we dus des te eerder verwaarlozen naarmate q groter is. Nu is q, volgens (5):

$$q = \frac{L_1 + L}{L_1}\left(1 + \frac{C_2}{C_1}\right).$$

Door te kiezen

$$C_2 \gg C_1 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

kunnen we steeds q zo groot maken dat r in de noemer van (4b) mag worden verwaarloosd. De voorwaarde $C_2 \gg C_1$ betekent, dat de amplitude van v_1 veel groter moet zijn dan de gewenste amplitude van v_2.

Ten slotte dienen we nog te bedenken dat het netwerk slechts een geringe belasting voor de voortrap mag vormen; anders zou de spanning v_1 niet zaagtandvormig blijven. Dit komt er op neer dat de stroom die het netwerk opneemt klein moet zijn ten opzichte van de stroom die de condensator C_3 (fig. 13) in de voortrap laadt. Hieruit vloeit nog een voorwaarde voor C_1, C_2 en R_1 voort, waarop wij hier niet ingaan.

In de practische uitvoering zijn C_1 en C_2 vaste condensatoren en is R_1 een regelbare weerstand, die zo wordt ingesteld dat de krommevorm van i_L het ideaal zo dicht mogelijk benadert. Inderdaad gelukt dit op zeer bevredigende wijze.

Stroombesparing

Dat de vervorming in het corrigerende netwerk niet gering is, blijkt uit *fig. 14a*. Hierin is de krommevorm van de anodestroom gedurende de heenslag weergegeven; het verloop wijkt wel zeer sterk af van het lineaire verloop (fig. 14*b*). In beide grafieken, die zijn getekend voor eenzelfde verschil tussen begin- en eindwaarde van i_a — dus voor eenzelfde amplitude van i_L — is tevens de gemiddelde waarde $\bar{i}_a$ van de anodestroom aangeduid:

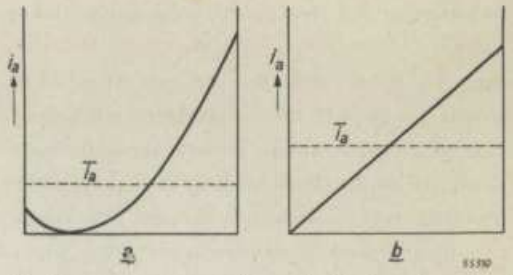


Fig. 14. Anodestroom i_a gedurende de heenslag als functie van t, *a*) bij gebruik van het corrigerende netwerk (fig. 13), *b*) zonder dit netwerk, bij eenzelfde waarde van I_L. De gemiddelde waarde i_a kan bij *a*) ruim 40% lager zijn dan bij *b*).

zoals men ziet, is $\bar{i}_a$ bij *a*) (dus waar het corrigerende netwerk wordt toegepast) belangrijk lager dan bij *b*). In geval *a*) hangt i_a af van de verhouding r/L_1. Berekening leert dat $\bar{i}_a$ het kleinst is als

$$\frac{r}{L_1} = 3{,}45\, f_v \text{ sec}^{-1};$$

dan is $\bar{i}_a$ ruim 40% lager dan in geval *b*).

De gemiddelde anodestroom die in de practijk wordt gebruikt, bedraagt slechts 6 tot 7 mA. Met een schermroosterstroom van 2 mA en een voedingsspanning van 350 V betekent dit dus dat deze eindtrap slechts ca 3 W verbruikt.

Practische uitvoering

Fig. 15 geeft het volledige schema van de schakeling van de eindtrap voor de verticale deflectie.

Aan de uitgang van het corrigerende netwerk is een potentiometer toegevoegd (met een zo hoge weerstand dat hij op de werking van het netwerk geen merkbare invloed heeft). Hiermee kan men de amplitude van de stuurroosterspanning, dus ook die van de deflectiestroom regelen, ter instelling van de beeldhoogte.

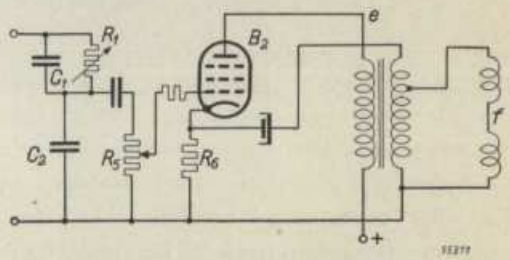


Fig. 15. Volledige schakeling van de eindtrap voor de verticale deflectie. C_1-R_1-C_2 = corrigerend netwerk (fig. 13), R_5 = potentiometer ter instelling van de beeldhoogte, R_6 = kathodeweerstand waarover tegenkoppeling tot stand komt. Overige letters als in fig. 2.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

De penthode is van het type EBL 21.

Evenals in de eindtrap voor de horizontale afbuiging ontstaat hier bij de terugslag een hoge positieve spanningspiek op de anode, waarbij de anodestroom afgeknepen moet blijven. Te dien einde wordt ook hier op het bedoelde ogenblik op de roosterspanning een negatieve spanningspiek gesuperponeerd.

In fig. 15 is te zien dat er een tegenkoppeling wordt toegepast: de secundaire wikkeling van de uitgangstransformator levert stroom door een weerstand in de kathodeleiding der penthode. Tegenkoppeling is een bekend middel ter vermindering van niet-lineaire vervorming [6]), die bijv. ontstaat door de kromming van de buiskarakteristiek en eventueel doordat de zelfinductie L_1 min of meer van de anodestroom afhangt.

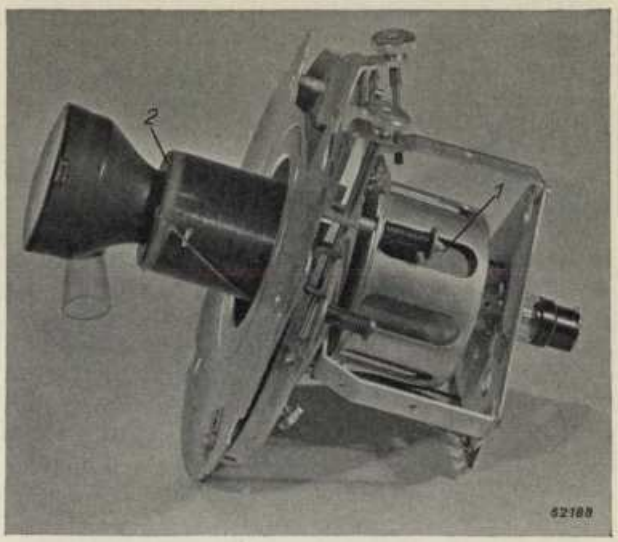


Fig. 17. Kathodestraalbuis MW 6-2, geplaatst in de houder met focusseringsspoel (*1*) en deflectiespoelen (*2*).

De deflectiespoelen

Van de vorm der deflectiespoelen geeft *fig. 16* een beeld. Het ene paar spoelen is nauwsluitend om de hals van de kathodestraalbuis aangebracht, het andere paar bevindt zich buiten om het eerstgenoemde.

Zoals boven werd afgeleid, moet men van het spoelenpaar voor de horizontale uitslag verlangen dat $r/L < 1500$ sec^{-1}. Hieraan is gemakkelijk te voldoen als men ruimschoots zou kunnen gebruik maken van ijzer. Dit mag evenwel alleen strikt rotatie-symmetrisch om de buis worden aangebracht; iedere afwijking van deze symmetrie zou astigmatisme teweegbrengen in het lichtvlekje dat het beeld schrijft. Bij onze deflectiespoelen is als volgt te werk gegaan: de isolerende koker die om de spoelen is aangebracht, is omwikkeld met enige lagen ijzerdraad (fig. 16). Dit draagt merkbaar bij tot verbetering van de kwaliteit der spoelen (verlaging van r/L).

Fig. 17 laat de kathodestraalbuis zien met de houder, de deflectiespoelen en de focusseringsspoel.

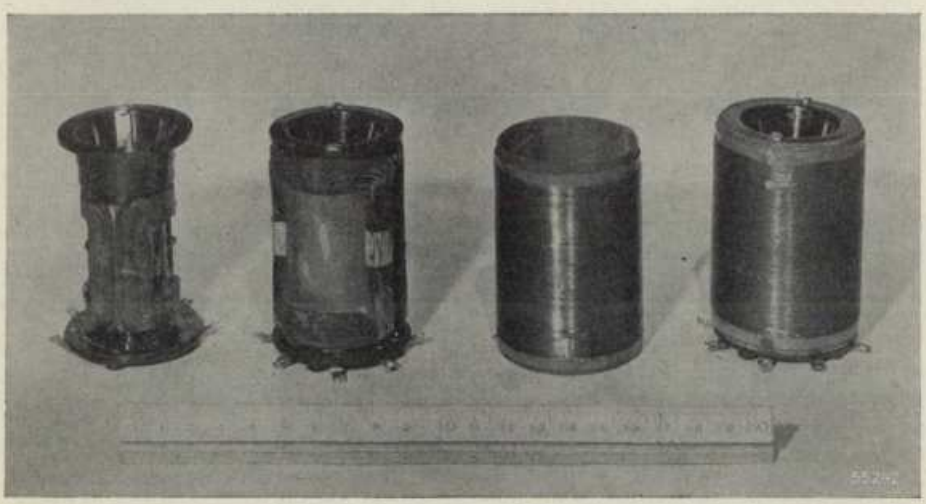


Fig. 16. Van links naar rechts: koker met één paar afbuigspoelen, koker met ook het tweede paar afbuigspoelen, met ijzerdraad bewikkeld omhulsel, volledig stel afbuigspoelen.

De voortrappen

Zoals wij zagen, is voor elk der eindtrappen een zaagtandvormige ingangsspanning nodig. Deze spanningen worden geleverd door relaxatie-oscillatoren, en wel zg. zelfblokkerende oscillatoren („blocking oscillators"), waarvan het principeschema in *fig. 18* is weergegeven. In wezen betreft het een sterk teruggekoppelde triode met roostercondensator en lekweerstand. Tijdens het

[6]) B. D. H. Tellegen, Tegenkoppeling, Philips techn. T. 2, 289-294, 1937.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

oscilleren doet de roosterstroom een zodanige lading op de roostercondensator ontstaan dat het oscilleren een tijdlang wordt onderbroken. Gedurende deze tijd vloeit tegengestelde lading over de lekweerstand naar het punt P en verandert de spanning

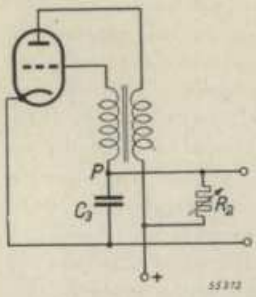


Fig. 18. Schema van een zelfblokkerende oscillator. Aan de condensator C_3 ontstaat een zaagtandvormige spanning, waarvan de frequentie regelbaar is met de weerstand R_2.

over de condensator volgens een exponentiële functie met de tijd. Dank zij het feit dat de lekweerstand is verbonden met een punt van hoge spanning, kan echter het verloop van de condensatorspanning met goede benadering als lineair worden beschouwd.

Deze zaagtandvormige spanning dient als uitgangsspanning van de voortrap. De frequentie wordt ingesteld met de regelbare lekweerstand R_2.

In *fig. 19* is opnieuw het schema van de zelfblokkerende oscillator weergegeven — en wel die voor de verticale aftasting —, doch nu met toevoeging van het corrigerende netwerk (C_1-R_1-C_2). Bovendien is een weerstand R_3 aangegeven, waarin de roosterstroom tijdens zijn kortstondig bestaan een spanningsimpuls verwekt, die mede in de uitgangsspanning is opgenomen. In het bovenstaande bleek reeds waarvoor deze impulsen nodig zijn: zij moeten de eindbuis geblokkeerd houden bij de hoge positieve anodespanning, die tijdens de terugslag optreedt.

Het nauwkeurig synchroon lopen met de aftasting in de zender wordt verzekerd doordat de trioden van de voortrappen op de juiste momenten een impuls ontvangen die de stroomdoorgang forceert even vóórdat deze langs de natuurlijke weg tot stand zou komen. Daartoe is, zoals in de inleiding reeds werd vermeld, de triode gekoppeld met een heptode (fig. 2), die wordt bestuurd door de synchronisatiesignalen. Op bijzonderheden hiervan komen wij in een volgend artikel terug.

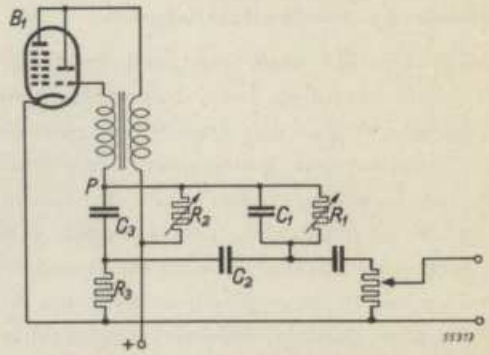


Fig. 19. Schema van de voortrap voor de verticale aftasting, inclusief corrigerend netwerk (C_1-R_1-C_2). B_1 = heptode-triode, C_2 en R_2 als in fig. 18, R_3 is een weerstand waarin de roosterstroom een spanningspiek opwekt die de eindbuis tijdens de terugslag blokkeert.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

HET BEWAREN VAN POOTAARDAPPELEN IN KUNSTMATIG VERLICHTE KELDERS

door R. van der VEEN. 628.978:631.563.8:633.491

Pootaardappelen worden gewoonlijk in kuilen bewaard. De knollen verliezen dan veel van hun voedingsstoffen, doordat er lange spruiten ontstaan, die verwijderd moeten worden. Daar licht het spruiten remt, is men in vele gevallen overgegaan tot het gebruik van glazen poterbewaarplaatsen. Omdat deze methode ook bezwaren heeft, werd naar een andere, doelmatigere wijze van bewaren gezocht. In dit artikel wordt een proef beschreven waarbij pootaardappelen bewaard werden in een kelder met een kunstverlichting. Fluorescentielampen bleken, veel beter dan gloeilampen, in staat om de spruitvorming voldoende te remmen. Men zou verwachten, dat dit moet worden toegeschreven aan een vernietiging van het auxine in de spruiten, wat hoofdzakelijk door blauw licht gebeurt. Bij een nader onderzoek naar de aard van de werkzame stralen bleek echter, dat rood licht een sterker remmende invloed heeft dan blauw licht. De proeven doen vermoeden, dat, voornamelijk of uitsluitend door rood licht, in een aardappelknol een remstof wordt ontwikkeld.

De behandeling van pootaardappelen

Aardappelen die voor pootgoed bestemd zijn, worden in de maanden Juni, Juli of Augustus geoogst. Zij moeten dan nog 8 tot 9 maanden worden bewaard voordat het pootseizoen aanbreekt. Om verlies van voedingsstoffen door te sterke uitademing of uitdroging zo veel mogelijk tegen te gaan, worden de knollen spoedig na de oogst voorlopig in kuilen of schuren opgeborgen, om daarna, in het najaar, naar de definitieve bewaarplaatsen te worden overgebracht.

In Januari of Februari, soms al in December, ontwikkelen zich bij iedere knol een of meer spruiten. Hoe ver deze ontwikkeling zal gaan, hangt af van het ras waartoe de aardappelplant behoort, en van de omstandigheden, zoals temperatuur, licht en vochtigheid, die in de bewaarplaats heersen. In de practijk gaat het meestal zo, dat deze spruiten in Januari worden weggebroken. Daarna gaat de aardappelknol nieuwe spruiten vormen. Worden deze te lang, dan moeten ze weer verwijderd worden, wat zeer nadelig is voor de toekomstige uitloop in het veld. De beste resultaten verkrijgt men met knollen die bij het poten korte gedrongen spruiten hebben en die hoogstens één keer „afgespruit" zijn.

Pootaardappelen zijn tegenwoordig een belangrijk product van de Nederlandse landbouw, dat ook voor de export van betekenis is. Het behoeft ons dan ook niet te verwonderen, dat men de laatste jaren veel aandacht heeft geschonken aan de beste wijze van bewaring van pootaardappelen.

Het is een bekend feit, dat de spruitvorming bij aardappelen vooral wordt geremd door koude en door licht. Een temperatuur van 2 à 4 °C is zelfs voldoende om zonder licht het spruiten tegen te houden. Zonder twijfel zou men goede pootaardappelen krijgen, indien men de voor dit doel bestemde knollen op deze temperatuur zou bewaren. In de practijk is dit echter zeer bezwaarlijk. De producenten en handelaren beschikken niet over bewaarplaatsen die — onafhankelijk van de buitentemperatuur — op een constante temperatuur van 2 tot 4 °C kunnen worden gehouden. De aardappelen in koelhuizen te brengen — verondersteld dat er voldoende van deze inrichtingen aanwezig waren — zou economisch niet verantwoord zijn.

Een temperatuur van 5 tot 9 °C geeft in het donker te sterke spruitvorming, doch bij deze temperatuur houdt een weinig licht de ontwikkeling van spruiten reeds voldoende tegen. De toepassing van licht is echter bij de bestaande bewaarplaatsen moeilijk te verwezenlijken. Tot voor korte tijd werden alle pootaardappelen en thans worden nog verreweg de meeste in kuilen bewaard. Om nu van de gunstige werking van het licht te kunnen profiteren, heeft men in ons land de laatste jaren verscheidene poterbewaarplaatsen van glas gebouwd. Dit zijn schuren met dubbele wanden van matglas, waarbij vaak bovendien in het dak nog glas is verwerkt. Bij vorst houdt men door verwarmen de temperatuur van deze schuren boven het vriespunt; bij warm weer ventileert men sterk om de binnentemperatuur zo laag mogelijk te houden. Het is echter niet doenlijk zulk een poterbewaarplaats op constante temperatuur te houden. De grootste moeilijkheid krijgt men bij zonnig weer in het voorjaar: de temperatuur in de schuur loopt dan vaak op tot 20 °C, wat een sterke spruiting van de knollen ten gevolge heeft. Een poterbewaarplaats is te prefereren boven een kuil,

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

maar toch biedt zij geen ideale oplossing van het bewaarprobleem. De wisselende hoeveelheden warmte, vocht en licht leveren voor de telers en handelaren onzekere uitkomsten op. In strenge winters zijn deze resultaten wel gunstig, maar in zachte winters ontwikkelt het pootgoed te veel en te lange spruiten.

Dit was voor ons aanleiding te onderzoeken, of geen betere resultaten bereikt zouden worden, indien men de pootaardappelen bewaart in kelders en door het aanbrengen van kunstlicht het uitlopen van spruiten belet.

Een proef over het gebruik van kunstlicht bij het bewaren van pootaardappelen

Een ondergrondse kelder heeft bij het bewaren van pootgoed het voordeel, dat de temperatuur ongeveer constant is. Op betrekkelijk warme winterdagen is de temperatuur er laag en gedurende koude perioden is zij er boven het vriespunt.

In overleg met de Heer W. H. de Jong van het Centraal Instituut voor Landbouwkundig Onderzoek werd een uitgebreide practijkproef genomen in een kelder van de Abdij „Lilbosch" te Pey-Echt (L.). De pootaardappelen werden, zoals gebruikelijk, bewaard in ondiepe kistjes, die zo gemaakt en op elkaar gestapeld waren, dat er telkens tussen twee kistjes een ruimte open bleef. Dit maakt het mogelijk, dat bij toepassing van kunstlicht het licht tot alle bakjes doordringt, al zullen natuurlijk bij een dichte stapeling de verst verwijderde bakjes slechts weinig licht ontvangen.

Een gedeelte van de proefkelder werd verlicht met gewone gloeilampen, een ander deel met fluorescentielampen met „daglicht"-kleur. Deze verlichting werd op 3 Januari 1948 ontstoken en bleef continu branden tot 31 Maart, toen de aardappelen gepoot moesten worden.

In het door gloeilampen verlichte deel waren op een vak van 7 bij 8 meter 6 gloeilampen van 100 W aangebracht. Na afloop van de proef waren de door deze lampen bestraalde aardappelen in betere conditie dan die welke in kuilen bewaard waren; maar toch deden zich ook hier nog bezwaren voor.

In de eerste plaats constateerde men, dat de aardappelknollen in de naaste omgeving van de lampen een vrij sterke spruiting gingen vertonen, ondanks het feit, dat zij veel licht ontvingen. Dit moet verklaard worden door de warmtestraling der gloeilampen, waardoor de temperatuur van deze aardappelen zo hoog werd, dat het licht de spruiting niet voldoende kon remmen.

Een tweede bezwaar van gloeilampen is, dat het puntvormige lichtbronnen zijn, waardoor de bestraling weinig uniform wordt. Bovendien bleken er talrijke grotere en kleinere plekken voor te komen waar zo goed als geen licht kon doordringen en waar als gevolg daarvan toch spruitvorming plaats vond.

In het gedeelte van de kelder dat met fluorescentielampen werd verlicht, waren per vak van 7 bij 8 meter 5 TL-lampen van 40 watt aangebracht, op onderlinge afstanden van 3 m. Doordat deze lampen verticaal tegen de muur waren

Fig. 1. Een kelder van de Abdij „Lilbosch" te Pey-Echt (L) waarin pootardappelen bewaard worden onder bestraling met fluorescentielicht. Per vak van 7 bij 8 meter zijn 5 TL-lampen van 40 watt aangebracht. De kistjes zijn zo gestapeld, dat de lichtstralen tot de verst verwijderde hoeken kunnen doordringen. Het bleek, dat bij deze opstelling de spruitvorming van de aardappelen voldoende werd geremd.

gemonteerd (*fig. 1*), kon het licht tussen de bakjes doordringen, zodat elke spruit die begon te groeien, onmiddellijk in het licht kwam te staan. Van schaduwplekken heeft men bij deze stand van de lampen geen last.

Fluorescentielampen leveren nauwelijks enige warmtestraling. Daardoor gaan de aardappelen in de directe omgeving van de lampen niet eerder spruiten dan de andere en is het ook niet nodig de kistjes na een bepaalde tijd van plaats te verwisselen.

De TL-lampen gaven dan ook veel betere resultaten dan de gloeilampen. De spruiten die zich tegen het einde van Maart hadden ontwikkeld, waren mooi gedrongen en zaten zeer vast, zodat de aardappelen (variëteiten: Eersteling en Bintje) zonder bezwaar machinaal gepoot konden worden. Het bleek, dat bij de gekozen opstelling, waarbij de stapels zich tot 3 à 4 meter van de lampen uitstrekten, ook de verst verwijderde kistjes nog

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

voldoende licht ontvingen. *Fig. 2* toont aardappelen die in een kuil bewaard zijn, in vergelijking met die welke bij de hier beschreven proef met fluorescentielicht bestraald zijn.

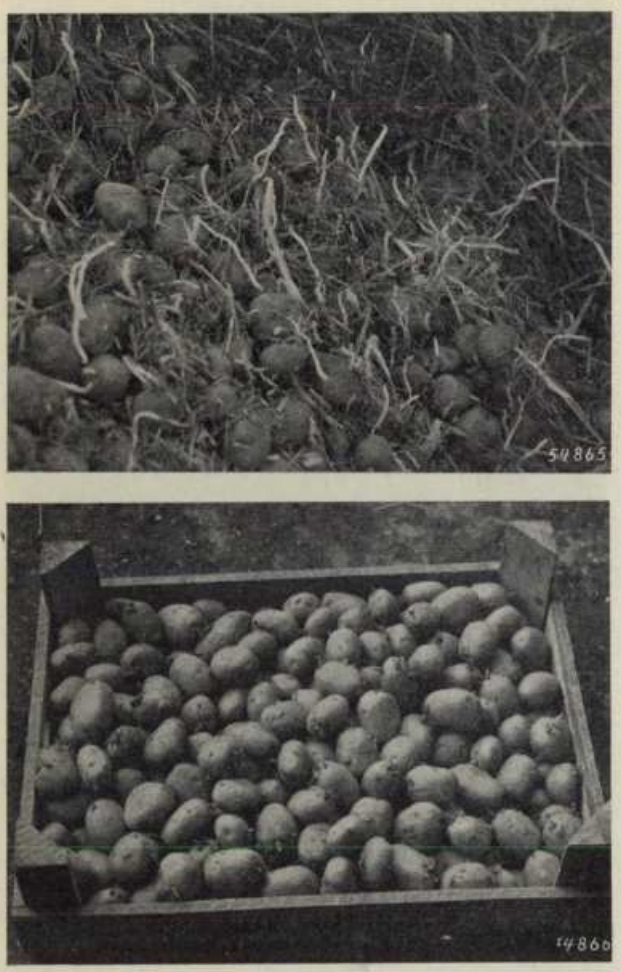


Fig. 2. Vergelijking tussen aardappelen die in een kuil bewaard zijn (boven), en aardappelen uit een kelder verlicht met TL-lampen (onder). Bij de eerste hebben zich lange spruiten ontwikkeld, waardoor de knollen veel van hun voedingsstoffen hebben verloren; bij de andere ziet men korte, gedrongen uitlopers die deze aardappelen zeer geschikt maken als pootgoed.

De proef in de Abdij te Pey-Echt is helaas pas op 3 Januari begonnen. Het was nodig bij het begin de reeds gevormde spruiten af te breken. Als we in November begonnen waren met de bestraling van de aardappelen, had dit afspruiten waarschijnlijk geheel achterwege kunnen blijven. Het is de bedoeling dit in de volgende winter te onderzoeken en dan ook na te gaan, of het inderdaad nodig is de verlichting continu te laten branden dan wel of het voldoende is de lampen bijv. 8 à 12 uren per etmaal te ontsteken.

Dat de bestraling met TL-lampen veel betere resultaten opleverde dan die met gloeilampen, moet in de eerste plaats worden toegeschreven aan de vorm van deze lampen en aan hun geringe warmtestraling; maar ook de spectrale samenstelling van het uitgestraalde licht zal ongetwijfeld een belangrijke rol spelen. Het is daarom van betekenis te onderzoeken welke lichtsoort het spruiten van aardappelen het sterkste remt. Bovendien is het van belang na te gaan, welke hoeveelheid, als men licht van een bepaalde golflengte gebruikt, juist nog in staat is de spruitvorming voldoende tegen te gaan.

De optimale kleur bij het bestralen van aardappelen

Om een onderzoek in te stellen naar de invloed die de kleur van het gebruikte licht heeft, hebben we een partij aardappelen bestraald met verschillende intensiteiten van blauw en een andere met verschillende intensiteiten van rood licht. Het eerste werd geleverd door een TL-lamp met magnesiumwolframaat als fluorescerende stof en toepassing van een blauw filter, het tweede door een lamp met cadmiumboraat, waarbij een rood filter gebruikt werd. De spectrale verdeling van het licht der beide lichtbronnen is in *fig. 3* grafisch voorgesteld. De bestraling had plaats bij een temperatuur van 14 °C.

Over het mechanisme van de spruiting van aardappelen en de remming daarvan zijn weinig onderzoekingen gedaan. Wel is het bekend, dat de groei van de spruiten plaats heeft onder de invloed van auxine, een hormoon dat in de groeiende delen van alle hogere planten voorkomt. De veronderstelling ligt voor de hand, dat de remming van de groei zal berusten op een vernietiging van dit auxine. Het is bekend, dat deze plaats heeft door blauw-violet licht, maar dat rode stralen er slechts weinig invloed op hebben.

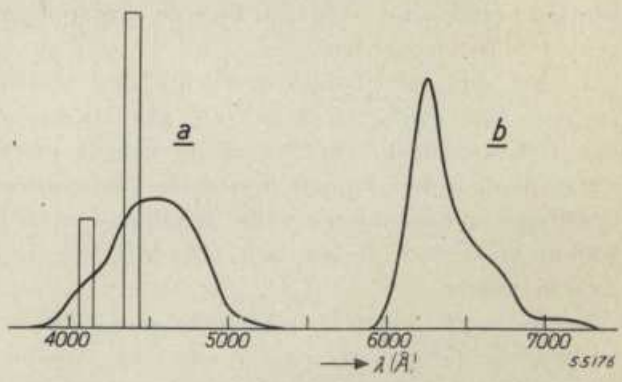


Fig. 3. De spectrale verdeling van het licht van een tweetal fluorescentielampen, die gebruikt zijn bij de proefnemingen over de invloed van lichtstralen op de spruiting van aardappelen. De beide rechthoeken hebben betrekking op het licht van twee kwiklijnen. Het oppervlak van deze rechthoeken is een maat voor de relatieve energiebijdrage van deze spectraallijnen. Het gedeelte *a* toont de spectrale verdeling voor de TL-lamp met blauw licht, het gedeelte *b* die voor de TL-lamp met rood licht.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Auxine heeft in uiterst geringe concentraties reeds een grote uitwerking. Zo geeft $5 \cdot 10^{-11}$ gram al een meetbare groeireactie. Daar dergelijke hoeveelheden chemisch niet meetbaar zijn, maakt men voor het vaststellen van de aanwezigheid van deze groeistof gebruik van een kwantitatieve biologische analyse, die we beknopt willen beschrijven.

Bij kiemplantjes van haver (Avena) wordt het auxine in het topje gevormd. Indien men het topje afsnijdt, houdt de groei op; maar als men het afgesneden topje weer op het kiemplantje plaatst, begint deze onmiddellijk weer. Nu wordt het auxine in hoofdzaak loodrecht naar beneden getransporteerd. Als men het topje verschoven op het gedecapiteerde plantje zet, zal dus de ene zijde gaan groeien en de andere niet, zodat er dan een kromming ontstaat. Deze kromming nu gebruikt men als maat voor de hoeveelheid aanwezige auxine. Eenheid (avena-eenheid geheten) is de hoeveelheid groeistof die na 90 minuten bij een haverplantje een kromming veroorzaakt van 10°. Indien men van een plantenweefsel het auxinegehalte wil bepalen, laat men het auxine diffunderen in een blokje agar en plaatst daarna dit blokje op een gedecapiteerd haverplantje, zodanig dat slechts de ene helft van het wondvlak er door bedekt wordt. De na enige tijd ontstane kromming geeft het aantal avena-eenheden aanwezige auxine aan.

Het auxine dat chemisch wordt onderscheiden als auxine-a is fotostabiel werkzaam als groeistof, dwz. dat men door bestraling zijn werkzaamheid niet kan beïnvloeden. Dit auxine-a gaat echter in zwak zure oplossingen onder afscheiding van een molecuul H_2O gemakkelijk over in auxine-a-lacton, een stof die in even sterke mate als groeistof werkt, maar die fotolabiel is. Onder de invloed van ultraviolet licht gaat deze stof niet omkeerbaar, weer onder afscheiding van een molecuul H_2O, over in lumi-auxon, dat niet meer als groeistof werkzaam is. Indien men ultraviolette straling vermijdt, zou deze omzetting in het plantenweefsel niet voorkomen, ware het niet, dat de reactie bij aanwezigheid van carotine (dat men in plantenweefsels vrijwel steeds aantreft) ook plaats vindt onder de invloed van stralen uit het blauw-violette deel van het zichtbare spectrum. Ook in vitro is men er in geslaagd auxine gemengd met carotine door middel van geringe hoeveelheden zichtbaar licht onwerkzaam te maken. Het is daarbij gebleken, dat dit resultaat hoofdzakelijk moet worden toegeschreven aan het licht van golflengten die in het absorptiespectrum van carotine voorkomen. Hiermede is in overeenstemming, dat lichtgroeireacties — indien we ultraviolet licht buiten beschouwing laten — het sterkst optreden onder invloed van blauw-violet licht (golflengte 4300 tot 4600 ångström). De aanwezige carotine veroorzaakt dan de gedeeltelijke vernietiging van de groeistof.

Op grond van de resultaten, gevonden bij proeven over de vernietiging van auxine, kon men verwachten, dat de lengtegroei van de spruiten van pootaardappelen het sterkst geremd zou worden door blauw-violet licht, maar dat rode stralen er slechts weinig invloed op hebben.

De proeven welke wij tezamen met Prof. E. C. Wassink in het Laboratorium voor Plantenphysiologisch Onderzoek te Wageningen namen, waren zo ingericht, dat de belichting continu plaats had met van ter zijde invallend licht, zoals dat ook bij aardappelen in een poterbewaarplaats het geval zou zijn. De aardappelen ontvingen dus des te minder licht naarmate zij verder van de lichtbron verwijderd waren. In *fig. 4* ziet men op welke wijze de belichting de ontwikkeling der spruiten remt.

De resultaten van de spruiting der aardappelen onder blauw licht waren zoals verwacht kon worden. De spruiten waren tot bij een verlichtingsintensiteit van ongeveer 30 erg/cm²·sec duidelijk geremd in hun groei. Daarbij waren alle spruiten, ook de niet of nauwelijks geremde, min of meer naar het licht gegroeid, doordat het auxine aan de belichte zijde van de spruit in sterkere mate vernietigd wordt dan aan de onbelichte zijde. De aardappelspruit die ca 2 erg/cm²·sec ontving, was nog enigszins fototropisch gericht. Dit is ook de

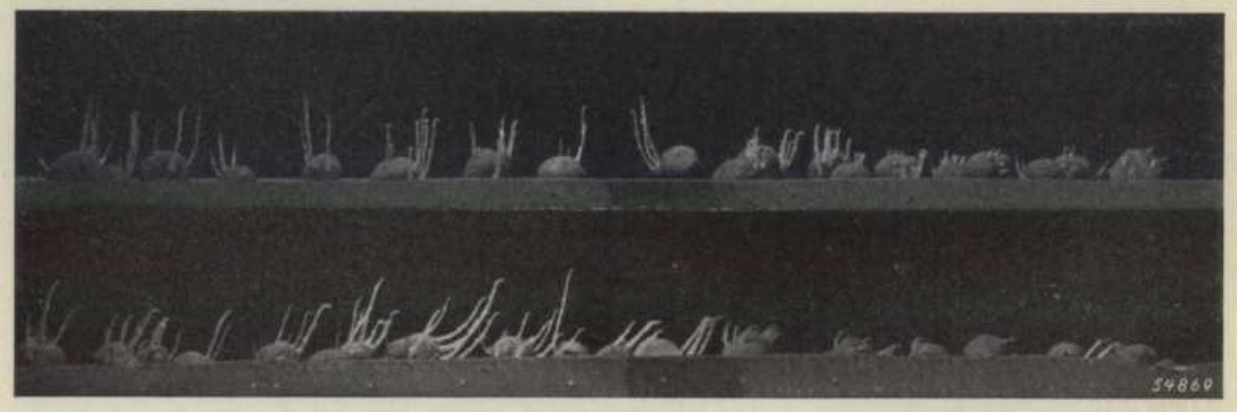


Fig. 4. Aardappelen (variëteit „Eersteling") spruitend bij een temperatuur van 14 °C bij bestraling met de twee soorten fluorescentielicht van de samenstelling die in fig. 3 is weergegeven. Het licht valt van rechts in. De foto's zijn genomen na een behandeling met licht gedurende drie weken. *Boven:* Bestraling met rood licht. De intensiteit der verlichting neemt van rechts naar links af van 3 tot 0,1 erg/cm²·sec. *Beneden:* Bestraling met blauw licht. De intensiteit van de verlichting neemt van rechts naar links af van 80 tot 2 erg/cm²·sec.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

minimale verlichtingsintensiteit waarbij jonge haverplantjes nog een kromming onder invloed van het licht vertonen.

Bij de met rood licht bestraalde aardappelen kwam een onverwacht verschijnsel te voorschijn. In de eerste plaats bleek, dat de remming van de

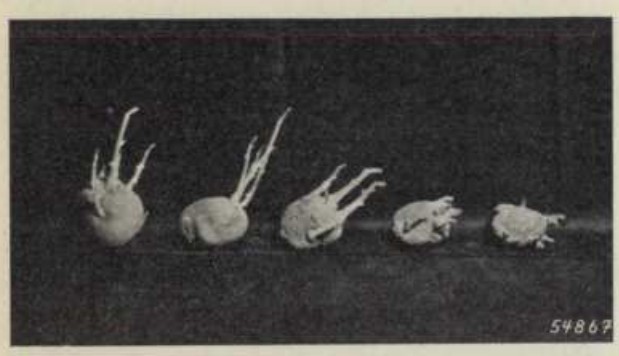


Fig. 5. Aardappelen spruitend bij van rechts invallend blauw licht. De verlichtingsintensiteiten bedroegen, van rechts naar links, resp. 80, 50, 15, 7 en 2 erg/cm²·sec.

spruitvorming hier eveneens optrad en zelfs al bij een veel geringere verlichtingsintensiteit dan bij blauw licht. Intensiteiten van 1 erg/cm²·sec gaven al merkbare resultaten. Maar het meest onverwachte was, dat de geremde spruiten onder rood licht niet naar het licht toe groeiden, ook niet bij sterkere belichting.

De verschijnselen die zich bij de bestraling met de twee soorten licht voordeden, kan men duidelijk waarnemen in de *figuren 5* en *6*. Daarin zijn enige aardappelen uit de proef waarop fig. 4 betrekking had afgebeeld. Men ziet welke spruiten onder blauw resp. rood licht zijn gegroeid. In het onderschrift is aangegeven met welke intensiteit iedere aardappel bestraald werd.

Uit deze proeven volgt, dat de remming van de spruitvorming — althans die onder de invloed van rood licht — niet daaruit verklaard kan worden, dat een groeistof door het licht onwerkzaam gemaakt wordt. Zij doen vermoeden, dat, speciaal door rood licht, in de aardappelen een remstof wordt geactiveerd, die dan, in tegenstelling met auxine, wèl in horizontale richting door de spruit zou diffunderen. Het gevolg hiervan zou dan zijn, dat de spruiten niet in de richting van het licht, doch, voor zover zij zich ontwikkelen, recht naar boven groeien. Of deze hypothese van de activering van een remstof juist is, wordt nog nader experimenteel onderzocht.

Over remstoffen is in de botanie nog weinig bekend. Wel zijn er de laatste jaren enkele stoffen uit planten geïsoleerd die een remmende werking op de groei hebben. Zo beschrijft P. Larsen [1]) de groeiremming door parasorbinezuur uit tomatensap en de remming door anemonin uit Ranunculus. Over de vorming van dergelijke stoffen onder de invloed van het licht zijn nog geen onderzoekingen gedaan.

Nu bij onze proeven gebleken is, dat rood licht de sterkste remmende invloed heeft op de ontwikkeling der spruiten van aardappelen, is het gewenst bij de verdere experimenten in plaats van

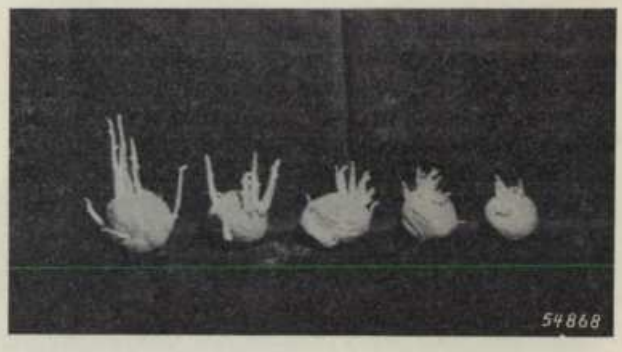


Fig. 6. Aardappelen spruitend bij van rechts invallend rood licht. De verlichtingsintensiteiten bedroegen, van rechts naar links, resp. 3, 1,5, 0,8, 0,3 en 0,1 erg/cm²·sec.

TL-lampen van de kleur „daglicht" die met de kleur „warm-wit" te gebruiken. Bij de inrichting van kelderbewaarplaatsen met kunstverlichting voor pootaardappelen is het van belang hiermede ook rekening te houden.

[1]) Amer. J. Bot. **34**, 349-356, 1947.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

OVERZICHT VAN RECENTE WETENSCHAPPELIJKE PUBLICATIES DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

Van deze publicaties, voorzover niet met een sterretje * gemerkt, verstrekt de Administratie van het Natuurkundig Laboratorium, Kastanjelaan, Eindhoven, op aanvrage overdrukken.

1769*: E. J. W. Verwey en J. Th. G. Overbeek (met medewerking van K. van Nes): Theory of the stability of lyophobic colloids. The interaction of sol particles having an electric double layer (Elsevier Publishing Company, Inc., Amsterdam 1948; 205 blz., 54 fig.).

Het doel van dit boek is, de stabiliteit van hydrophobe colloïden en suspensies te verklaren en een zoveel mogelijk quantitatieve theorie van deze stabiliteit te ontwikkelen. De grondbegrippen van deze theorie zijn: de afstoting van twee elkaar doordringende dubbellagen en de Van der Waals-London-attractie. Onder meer wordt een quantitatieve verklaring gegeven van de regel van Schultze en Hardy. Voor de afleiding wordt gebruikt gemaakt van de dubbellaagtheorie van Gouy en Chapman, daar de benadering van Debije en Hückel (electrolyt-theorie) hier onbruikbaar is. Om zekere details te verklaren, kunnen diverse verfijningen aan de theorie worden aangebracht. Zo kan men bijv. rekening houden met de eindige afmetingen van de ionen en met de specifieke absorbeerbaarheid volgens de theorie van Stern. Repeptisatie kan niet worden begrepen zonder gebruik te maken van de afstotingskrachten volgens Born, die overigens bij de stabiliteit een ondergeschikte rol spelen. Verder tonen de resultaten, dat bij de theorie van London een relativistische correctie moet worden aangebracht, omdat de ongecorrigeerde uitdrukking in het geval van grove suspensies tot onjuiste conclusies leidt. Het boek bestaat uit drie delen, achtereenvolgens behandelend: de theorie van de enkelvoudige dubbellaag, de wisselwerking van twee vlakke evenwijdige platen en de wisselwerking van bolvormige colloïdale deeltjes. In een aanhangsel wordt een literatuurdiscussie gegeven. Zie ook E. J. W. Verwey, Philips Res. Rep. **1**, 33-49, 1945/46.

1770: M. J. O. Strutt en A. van der Ziel: Application of velocity-modulation tubes for reception at u.h.f. and s.h.f. (Proc. Inst. Radio Eng. **36**, 19-23, 1948, No. 1).

Na invoering van de begrippen versterking en ruisgetal blijkt, dat voorversterkingstrappen met snelheidsmodulatie bij zeer hoge frequenties onder tot heden beschouwde condities onbruikbaar zijn. In dit artikel wordt een bijzondere inrichting bij deze buizen beschouwd, bestaande uit een drietal electrodenparen op onderling gelijke afstanden langs de electronenbanen geplaatst. Het eerste paar is verbonden met een trilholte of Lechersysteem en vormt daarmee een voorkring; het tweede paar is verbonden met het ingangs- en het derde met het uitgangscircuit. Aangetoond wordt dat de overgang van snelheids- in dichtheidsmodulatie kan worden verwaarloosd, evenals de omgekeerde overgang, en verder dat bij gebruik van een op juiste wijze ontstemde voorkring het ruisgetal van ongeveer 1000 kan worden teruggebracht tot een waarde 10 bij een versterking in de buurt van 100. Met lopende-golf-versterkbuizen zijn op deze wijze vermoedelijk nog lagere waarden van het ruisgetal te bereiken.

1771: C. J. Bouwkamp: Concerning a new transcendent, its tabulation and application in antenna theory (Quart. appl. Math. **5**, 394-402, 1948, No. 4).

De schrijver definieert een nieuwe functie $E_1(z)$, die met de integraal-sinus en -cosinus verbonden is op ongeveer dezelfde wijze als deze laatste functies verbonden zijn met de gewone sinus en cosinus. Bij de numerieke berekening wordt gebruik gemaakt van een machtreeksontwikkeling (z klein) en een asymptotische ontwikkeling (z groot). In het overgangsgebied wordt een Taylor-reeks-methode gebruikt. Een tabel in zes decimalen voor $z = 0\ (0{,}2)\ 20$ is gegeven, benevens tabellen voor functies die optreden in de antenne-theorie van Hallén.

1772*: F. A. Kröger: Some aspects of the luminescence of solids (Elsevier Publishing Company, Inc., Amsterdam, New York, London, Brussels 1948; 310 blz., 72 fig., 27 tabellen).

Dit boek is een monografie betreffende experimentele onderzoekingen in het Philips-laboratorium te Eindhoven op het gebied der luminescentie (1940-1945). Het bevat een aantal nieuwe experimentele resultaten benevens theoretische beschouwingen over genoemd gebied.

In hoofdstuk I wordt een kort overzicht gegeven van de energietoestanden van zuivere en van gestoorde kristallen. De in de literatuur bekende emissies van geactiveerde luminoforen zijn in

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

tabellen neergelegd. Verder wordt aandacht geschonken aan de verschillende aanslag-mechanismen en het belangrijke begeleidend verschijnsel van energie-transport door het kristalrooster. De hoofdstukken II-V zijn gewijd aan nieuwe experimentele resultaten bij wolframaten, molybdaten en bij systemen, geactiveerd met Mn, U en Ti. Bij mangaan is gevonden, dat het Mn^{4+}-ion als activator optreedt, naast het als zodanig reeds bekende Mn^{2+}-ion. In hoofdstuk VI wordt de invloed van de temperatuur op het rendement der luminescentie van experimenteel en theoretisch standpunt beschouwd.

1773*: W. Elenbaas: Dissipation of heat by free convection (De Ingenieur **60**, O 21-O 34, 1948, No. 7).

Overzicht van de theorie van de warmtedissipatie door vrije convectie. De grootheden, die bij dit verschijnsel een rol spelen, kunnen door middel van gelijkvormigheidsbeschouwingen tot een klein aantal dimensieloze combinaties worden teruggebracht. Dit leidt tot een belangrijke vereenvoudiging van de formules en vergemakkelijkt het overzicht der experimentele en theoretische resultaten. De genoemde beschouwingen worden toegepast op lichamen die door één parameter gekenmerkt zijn (verticale plaat, horizontale cylinder, bol), en vervolgens op lichamen die door twee parameters zijn gekenmerkt (verticale cylinder van eindige hoogte, koelribben, binnenoppervlak van verticale buizen). Dit artikel verschijnt ook in Philips Res. Rep. **3**, No. 5.

1774*: J. M. Stevels: Progress in the theory of the physical properties of glass (Elsevier Publishing Company, Inc., Amsterdam, New York, London, Brussels 1948; 104 blz., 26 fig., 27 tabellen).

Uitgaande van de beschouwingen van Zachariasen wordt in dit boek een overzicht gegeven van de structuur en verschillende eigenschappen van glas zoals dichtheid, electrisch geleidingsvermogen, diëlectrische verliezen en refractie.

In hoofdstuk I wordt een algemeen overzicht gegeven van onze kennis betreffende de structuur van glazen. Hoofdstuk II behandelt de dichtheid. Met behulp van een nieuwe dichtheidsformule, waarvan de physische achtergrond uitvoerig wordt besproken, worden verscheidene belangrijke conclusies getrokken betreffende de structuur van een aantal glazen (inclusief boraatglazen). In de hoofdstukken III en IV worden het electrisch geleidingsvermogen en de diëlectrische verliezen besproken. De theorie leidt hier tot een aantal quantitatieve betrekkingen, die experimenteel goed bevestigd worden. In hoofdstuk V wordt de moleculaire refractie behandeld. In een appendix wordt de samenstelling van alle behandelde glazen vermeld.

1775: K. ter Haar en W. Westerveld: The colorimetric determination of nickel as $Ni(_4)$ dimethylglyoxime (Rec. Trav. chim. Pays-Bas **67**, 71-81, 1948, No. 2).

Het artikel behandelt de colorimetrische bepaling van Ni als $Ni(_4)$dimethylglyoxime met gebruikmaking van kaliumpersulfaat als oxydatiemiddel. De invloed van andere metaalionen is tevens onderzocht. Het blijkt, dat Ag moet worden verwijderd en dat de aardalkalimetalen een sulfaatneerslag geven, dat door centrifugeren kan worden verwijderd. De bepaling van Ni bij aanwezigheid van Mn, Fe, Cu en Co levert grote moeilijkheden op. In vele gevallen gelukte het Ni te bepalen bij aanwezigheid van genoemde elementen zonder deze te verwijderen. Aldus is het mogelijk 5% Ni in Mn, 0,25% in Fe, 0,05% in Cu en 0,05% in Co te bepalen.

1776: C. Zwikker: Systematic relations existing between the properties of solid materials (Physica **14**, 35-47, 1948, No. 1).

Bij het beschrijven van de eigenschappen van een vast lichaam moet onderscheid gemaakt worden tussen gegeneraliseerde krachten of intensiteitsparameters (i) en gegeneraliseerde verplaatsingen of extensiteitsparameters (e). De numerieke factoren die de differentialen de bepalen als lineaire functies van de differentialen di, worden door schrijver coëfficienten genoemd en de factoren die de di bepalen als functie van de de, moduli. Tussen de moduli onderling en tussen de coëfficienten onderling bestaan systematische betrekkingen. Gewezen wordt op het verschil tussen een modulus en de reciproke waarde van een coëfficient; enkele voorbeelden worden behandeld. Ten slotte worden systematische betrekkingen aangegeven tussen „weerstanden" en „geleidingsvermogens", eveneens met voorbeelden toegelicht.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!